

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Республиканское унитарное предприятие  
«Научно-практический центр гигиены»**

**ЗДОРОВЬЕ  
И  
ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**

**Сборник научных трудов**

**выпуск 26**

**Минск**

**2016**

Главный редактор — кандидат медицинских наук, доцент С.И. Сычик  
Заместитель главного редактора — доктор медицинских наук, доцент Г.Е. Косяченко  
Ответственный редактор — кандидат медицинских наук С.Л. Итпаева-Людчик  
Технический редактор — Т.И. Вершило

Редакционная коллегия: С.И. Сычик, к.м.н., доцент; Г.Е. Косяченко, д.м.н., доцент; С.Л. Итпаева-Людчик, к.м.н.; Н.В. Дудчик, д.б.н., доцент; Х.Х. Лавинский, д.м.н., профессор; А.Н. Стожаров, д.б.н., профессор; С.В. Федорович, д.м.н., профессор; С.А. Хорева, д.б.н., профессор; В.В. Шевляков, д.м.н., профессор; Н.В. Бобок, к.м.н., доцент; А.М. Бондарук, к.м.н.; Н.В. Буневич, к.хим.н.; Е.О. Гузик, к.м.н., доцент; Е.В. Дроздова, к.м.н., доцент; В.А. Зайцев, к.м.н., доцент; Л.С. Ивашкевич, к.техн.н.; Н.А. Ивко, к.б.н.; И.И. Ильюкова, к.м.н.; И.Н. Кохонова; Е.В. Николаенко, к.м.н.; Т.Н. Пронина, к.м.н.; Ю.А. Соболев, к.м.н.; Н.Н. Табелева, к.м.н.; Е.В. Федоренко, к.м.н., доцент; В.Г. Цыганков, к.м.н., доцент; Л.М. Шевчук, к.м.н., доцент; О.В. Шуляковская, к.хим.н.

Рецензенты:  
доктор медицинских наук, профессор В.И. Тернов  
доктор медицинских наук, профессор И.И. Бурак

3-46 **Здоровье** и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь. Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2016. — Вып. 26. — 310 с., табл.; ил.

Сборник научных трудов «Здоровье и окружающая среда» включает результаты научных исследований сотрудников республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», аспирантов, соискателей, докторантов, профессорско-преподавательского состава учреждений образования медицинского, биологического и экологического профилей, учреждений последиplomного образования, практической санитарной службы Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, Республики Казахстан, Латвии в области гигиены, профилактической токсикологии и профилактической медицины.

В сборнике освещены актуальные проблемы современной гигиены, профилактической токсикологии и профилактической медицины и смежных с ними дисциплин по гигиенической оценке воздействия среды обитания на здоровье населения, использованию технологии анализа риска, радиационного контроля объектов окружающей среды, гигиеническим аспектам здоровьесбережения учащихся, условиям труда и состоянию здоровья работающих, по токсикологической оценке химических веществ и их смесей, гигиенической оценке продовольственного сырья и пищевых продуктов, изучению статуса питания различных возрастных и профессиональных групп населения, новым методам анализа и установления уровней воздействия факторов среды обитания; мерам профилактики и коррекции нарушений здоровья, мероприятиям по снижению риска для здоровья.

Сборник предназначен для врачей-гигиенистов, врачей-токсикологов, врачей-профпатологов, врачей общей практики, профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений и учреждений последиplomного образования взрослых, других специалистов, биологов, научных сотрудников, аспирантов, соискателей, докторантов, студентов высших учебных заведений и учреждений послевузовского образования медицинского, биологического и экологического профилей.

**НОВЫЙ МЕТОД ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОМБИНИРОВАННОГО ВЛИЯНИЯ  
ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НАСЕЛЕНИЕ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ  
ИХ СОВМЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Быкова Н.П., Зиновкина В.Ю., Щербинская И.П., Дроздова Е.В., Соловьева И.В.,  
Арбузов И.В., Кравцов А.В., Баслык А.Ю., Грузин А.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Авторами в рамках научных исследований на основе собственных данных разработаны методы измерения и гигиенической оценки совместного влияния физических факторов: шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей на население в условиях проживания.

**Ключевые слова:** шум, вибрация, электромагнитные излучения, комбинированное воздействие, допустимые значения.

**Введение.** До настоящего времени гигиеническое нормирование физических факторов в бытовых условиях производилось раздельно, хотя их совместное влияние на население в условиях проживания очевидно. Научными исследованиями установлено, что совместное воздействие на людей физических факторов в условиях проживания приводит к достоверным, более выраженным изменениям физиологических показателей центральной нервной и сердечно-сосудистой систем по сравнению с действием на население одного только шума, вибрации или электромагнитных полей. Это вызывает напряженные адаптационных реакций организма человека и способствует более раннему развитию заболеваний [1–3].

Поэтому разработка гигиенических критериев оценки неблагоприятного комбинированного воздействия физических факторов урбанизированной среды на состояние здоровья человека в условиях проживания является актуальным направлением гигиены и экологии человека.

**Цель работы** — разработка метода гигиенической оценки неблагоприятного комбинированного воздействия физических факторов урбанизированной среды на состояние здоровья населения в условиях проживания.

**Материалы и методы.** Были изучены экспозиционные нагрузки при одновременном воздействии шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей на население в условиях проживания.

На основании собственных комплексных клинико-физиологических и социологических исследованиях жителей, подвергающихся комбинированному воздействию шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей, и жителей группы сравнения, не подвергающихся воздействию физических факторов значительных уровней, изучено влияние их на состояние центральной нервной, сердечно-сосудистой систем, вестибулярного, зрительного анализаторов. Изучена неинфекционная заболеваемость населения, подвергающегося комбинированному воздействию шума и вибрации (3400 человек), шума и низкочастотных электромагнитных полей в условиях проживания (1900 человек) с учетом различных экспозиционных и дозовых нагрузок, полученных населением в реальных условиях проживания, а также заболеваемость в контрольном районе (3600 человек) [1–5].

**Результаты и их обсуждение.** Анализ результатов комплексных клинико-физиологических и социологических исследований показал, что у жителей, проживающих в районах, подвергающихся комбинированному воздействию шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей, величина и направленность физиологических сдвигов была более выражена по сравнению с жителями контрольного района, что свидетельствовало о напряжении адаптационных реакций организма. Изучение заболеваемости на 1000 жителей за пятилетний период (2010–2014 гг.) позволило установить, что проживание населения в условиях превышения параметров уровней шума и вибрации, шума и электромагнитных полей и при комбинированном их воздействии приводит к увеличению частоты развития болезней, являющихся характерными для преимущественного воздействия изученных физических факторов, и требует разработки гигиенических нормативов с целью контроля их уровней в окружающей среде и профилактики вредного воздействия физических факторов на население в реальных условиях проживания.

На основании результатов оригинальных исследований разработана методология измерения и гигиенической оценки комбинированного воздействия шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей в условиях проживания населения.

В основу методологии положен принципиально новый категорийный метод анализа неблагоприятного комбинированного воздействия изученных физических факторов в условиях проживания населения, представляющий собой метод присвоения фактически измеренным уровням физических факторов условных единиц — баллов влияния по шкале от 0 до 10. Количество баллов влияния ( $I_{nv}$ ,  $I_{nf}$ ) устанавливается на основе фактических измеренных параметров физических факторов в жилых помещениях жилых домов в соответствии с порядком, определенным Министерством здравоохранения Республики Беларусь. На основе количества баллов влияния определяется категория комбинированного воздействия. Категория комбинированного воздействия — совокупность диапазонов численных значений физических факторов: шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей, определяющая качественную оценку здоровьесбережения при комбинированном воздействии их на население в условиях проживания.

Допустимыми значениями количества баллов влияния  $I_{nv}$ ,  $I_{nf}$  являются числа от 0 до 5.

В случае комбинированного воздействия шума и вибрации предложено 3 категории воздействия: оптимальная, приемлемая и апосематическая (угрожающая).

Суммарное количество баллов влияния шума и вибрации определяет категорию комбинированного воздействия для жилого помещения:

$I_{nv} = 0$  — категория оптимального воздействия;

$I_{nv} = 1–5$  — категория приемлемого воздействия;

$I_{nv} = 6–10$  — категория апосематического (неприемлемого) воздействия.

В случае комбинированного воздействия шума и низкочастотных электромагнитных полей предложено 2 категории: приемлемая и неприемлемая.

Суммарное количество баллов влияния определяет категорию комбинированного воздействия шума и низкочастотных электромагнитных полей для жилого помещения:

$I_{\text{пф}} = 0-4$  — категория приемлемого воздействия;

$I_{\text{пф}} = 5-10$  — категория неприемлемого воздействия.

В помещениях категории оптимального воздействия наблюдаются такие уровни изученных физических факторов, которые не вызывают у человека беспокойства и обеспечивают ощущение комфорта. В помещениях категории приемлемого воздействия наблюдаются такие уровни, которые не вызывают у человека значительного беспокойства и изменений функционального состояния систем и анализаторов. В помещениях категории апосематического или неприемлемого воздействия наблюдаются такие уровни, которые способны вызвать у человека значительное беспокойство и изменения функционального состояния систем и анализаторов.

На основании собственных научных исследований разработаны и утверждены две инструкции по применению: № 012-1014 «Метод гигиенической оценки комбинированного воздействия шума и вибрации в условиях проживания населения» (утверждена заместителем Министра здравоохранения – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 18.12.2014) и № 014-1114 «Метод гигиенической оценки комбинированного воздействия шума и низкочастотных электромагнитных полей в условиях проживания населения» (утверждена заместителем Министра здравоохранения – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 16.12.2015), а также два гигиенических норматива: «Допустимые значения показателей комбинированного воздействия шума и вибрации на население в условиях проживания» и «Допустимые значения показателей комбинированного воздействия шума и низкочастотных электромагнитных полей на население в условиях проживания», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 25.05.2016 № 73.

Инструкции устанавливают методы и условия измерений физических факторов для гигиенической оценки их комбинированного воздействия в условиях проживания, требования к измерительной аппаратуре и порядок проведения гигиенической оценки.

При разработке гигиенических нормативов за основу принимались нормативные значения действующих ТНПА. Количество баллов при определении категории влияния установлено таким образом, что при превышении допустимого значения хотя бы одного параметра жилому помещению присваивается категория апосематического или неприемлемого воздействия.

При установлении в жилом помещении категории апосематического или неприемлемого воздействия необходимы мероприятия для снижения параметров физических факторов до уровней, соответствующих категории приемлемого воздействия.

**Заключение.** Наличие разработанных обоснованных гигиенических нормативов позволит Министерству здравоохранения Республики Беларусь разработать систему контроля и мониторинга шума, вибрации и низкочастотных электромагнитных полей и в случае установления для жилого помещения категории неприемлемого воздействия проводить мероприятия для приведения жилых помещений в соответствие с категорией приемлемого воздействия, а также принимать оптимальные организационные и управленческие решения при использовании городских территорий и жилого фонда страны.

Внедрение разработанных документов в практику органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, обеспечит улучшение качества предупредительного санитарного надзора и его эффективность в отношении контроля комбинированного воздействия шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей; позволит проводить оценку риска здоровью населения при проживании в условиях комбинированного воздействия физических факторов, разрабатывать мероприятия по оптимизации условий проживания и улучшению их качества.

#### Литература

1. Исследование сочетанного влияния шума и вибрации в условиях проживания на функциональное состояние организма / Н.П. Быкова [и др.] // Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины: сб. науч. ст. — Гродно, 2014. — Вып. 4. — С. 23–25.
2. Методические подходы к разработке гигиенических критериев оценки комбинированного воздействия шума и вибрации на состояние здоровья человека в условиях проживания / Н.П. Быкова [и др.] // Современные подходы к продвижению здоровья: сб. науч. тр. 5-й Междунар. конф., Гомель, 15–16 мая 2014 г. / Гом. гос. мед. ун-т. — Гомель: ГГМУ, 2014. — С. 40–42.
3. Клинико-физиологические аспекты совместного воздействия шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей в условиях проживания населения / Н.П. Быкова [и др.] // Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию мед.-профилактик. фак.: сб. науч. тр. / Белорус. гос. мед. ун-т; редкол.: А.В. Сикорский [и др.]. — Минск: БГМУ, 2015. — С. 34–38.
4. Сравнительный анализ заболеваемости населения, проживающего в условиях совместного воздействия шума и вибрации / Н.П. Быкова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 1, вып. 25. — С. 8–12.
5. Сравнительный анализ заболеваемости населения, проживающего в условиях совместного воздействия шума и низкочастотных электромагнитных полей / Н.П. Быкова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 1, вып. 25. — С. 12–16.

#### NEW METHOD OF HYGIENIC ASSESSMENT OF PHYSICAL FACTORS INFLUENCE ON THE POPULATION LIVING IN CONDITIONS OF THEIR COMBINED IMPACT

*Bykova N.P., Zinovkina V.Y., Shcherbinskaja I.P., Solovjeva I.V., Arbuzov I.V., Krautsou A.V., Baslyk A.Y., Hruzin A.A.  
Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The methods for measuring and hygienic assessment of physical factors joint influence in living conditions have been developed by the authors in the research based on their own studies.

**Keywords:** noise, vibration, electromagnetic radiation, combined effect, allowable values.

Поступила 19.07.2016

## ЭФФЕКТЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА (1800 МГц) НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС-САМЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ ОБЛУЧЕННЫХ РОДИТЕЛЕЙ

*Верещако Г.Г., Чуешова Н.В., Цуканова Е.В.*

*Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальная академия наук Беларуси»,  
Гомель, Республика Беларусь*

**Реферат.** Изучали состояние репродуктивной системы крыс-самцов, полученных от родителей после длительной электромагнитной экспозиции на установке, имитирующей сигнал мобильного телефона (1800 МГц, 8 ч/день) и подвергавшихся воздействию ЭМП указанного диапазона в период эмбриогенеза и постнатального развития до достижения возраста 2, 4 и 6 мес.

Установлено, что число родившихся животных от облученных самок по сравнению с контролем уменьшается более чем на 25%. Средняя численность помета на одну рожавшую самку в контрольной группе составляло 8,6, в то время как у опытной — всего 6,2.

У облученных животных выявляются отклонения массы органов репродуктивной системы, количественная диспропорция популяций сперматогенных клеток, в т. ч. в возрасте 4 мес. достоверное снижение числа прелептотенных сперматоцитов и удлинённых сперматид и повышение количества сперматоцитов 1-го порядка, в то время как у 6-месячных крыс выявляется падение числа сперматогоний (-14,5%), удлинённых сперматид (-22,7%) и заметный рост круглых сперматид (+28,7%).

Анализ количественных и качественных характеристик эпидидимальных сперматозоидов показал, что у экспериментальных животных наблюдается достоверное снижение их числа (2 и 6 мес.), жизнеспособности (2 и 4 мес.), ускорение программированной гибели половых клеток, более выраженное у крыс самцов в возрасте 2 и 4 мес.

**Ключевые слова:** крысы-самцы, репродуктивная система, электромагнитное излучение, мобильный телефон, сперматогенез, эпидидимальные сперматозоиды.

**Введение.** За последние годы электромагнитный фон Земли существенно и неуклонно повышается за счет появления все новых антропогенных источников электромагнитного облучения на производстве и в быту [1]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) считает электромагнитное загрязнение среды обитания (электронный смог) одной из главных угроз для здоровья человечества.

Важнейшим источником систематического электромагнитного воздействия на организм человека в настоящее время является мобильная связь, которая за последние десятилетия получила всеобщее распространение, т. к. количество мобильных телефонов в настоящее время превышает население планеты. Несмотря на то, что излучение электромагнитного поля (ЭМП) мобильной связи низкоинтенсивное, оно имеет кумулятивный характер и опосредовано через нервно-эндокринную систему оказывает влияние на функциональную активность органов и тканей организма. В связи с этим возникает обоснованное беспокойство по поводу экологической опасности мобильной связи.

Большинство результатов исследований в основном свидетельствуют о негативном влиянии электромагнитного излучения мобильных телефонов на наиболее чувствительные системы организма — центральную нервную систему (ЦНС), эндокринную, репродуктивную и др. [2].

Особенно актуальными являются исследования по оценке влияния электромагнитного излучения на потомство, полученное от облученных родителей, что дает возможность оценить отдаленные последствия указанного воздействия. В настоящее время общепринятой точки зрения по этой проблеме не существует, т. к. имеющиеся данные достаточно противоречивы [2].

**Цель работы** — оценка состояния репродуктивной системы у крыс-самцов в различные возрастные периоды, которые были получены от облученных родителей и подвергались длительному электромагнитному воздействию в диапазоне мобильной связи (1800 МГц) в период эмбриогенеза и дальнейшего постнатального развития.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на белых крысах стадного разведения, которых в возрасте 52–54 дней подвергали электромагнитной экспозиции от мобильного телефона (1800 МГц). Животных облучали ежедневно (8 ч/день) фракциями по 30 мин с интервалом 5 мин. Облучение осуществляли на протяжении 90 дней. Затем облученных самцов и самок спаривали в соотношении 1:3. От самок в дальнейшем получали потомство. Крыс-самок на протяжении всего периода беременности (20–21 сут) и вплоть до отъема животных их потомство продолжали облучать при вышеуказанном режиме до достижения возраста 6 мес.

Источником ЭМИ являлась экспериментальная установка мобильной связи, изготовленная в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники (БГУИР), позволяющая имитировать сигнал сотового телефона (1800 МГц) в режиме разговора. В качестве излучателя ЭМИ, сформированного в соответствии со стандартом GSM, применялась штыревая четвертьволновая антенна, соединенная коаксиальным кабелем длиной 5 м с антенным разъемом на телефоне распространенной марки. Антенна размещалась на высоте 0,35 м в центральной части рабочей зоны, имеющей размеры 1×0,7 м. В зоне находились 4 пластиковые клетки с животными. Во время облучения осуществлялся дистанционный контроль наличия ЭМП. Плотность потока электромагнитной энергии в клетках была измерена прибором ПЗ-30 и составила 2,0–20,0 мкВт/см<sup>2</sup>.

Крыс-самцов потомства брали в опыты в возрасте 2, 4 и 6 мес. Предварительно взвешенных животных подвергали декапитации, у них выделяли органы репродуктивной системы: семенники, эпидидимисы и семенные пузырьки. Массу органов оценивали с точностью до 1 мг с последующим расчетом относительной массы выделенных органов. В клеточной суспензии, полученной из тестикулярной ткани, проводили количественный анализ различных типов сперматогенных клеток методом ДНК-проточной цитометрии, из эпидидимиса выделяли зрелые половые клетки, количество которых подсчитывали в камере Горяева, определяли их жизнеспособность и анализировали ДНК сперматозоидов, как было описано ранее [3]. Оценивали количество апоптотических и некротических сперматозоидов по методике R.Z. Mahfouz et al. [4].

Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами биологической статистики, используя пакеты программ Excel и GraphPad Prism 5. При сравнении двух независимых групп по количественному признаку использовали критерий Манна–Уитни. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

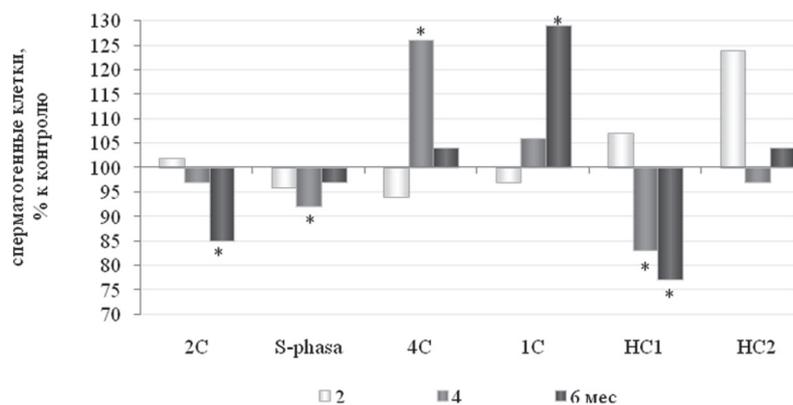
**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что количество родившихся крысят от родителей в контроле от 8 самок составило 69, из них 31 самец и 38 самок. От 8 облученных самок, которые спаривались с облученными самцами, получено 37 животных, в т. ч. 18 самцов и 19 самок. Однако в этом случае потомство дали только 6 самок, а от двух самок этой группы приплода не получено. Средняя численность помета на одну рожавшую самку в контрольной группе составляло 8,6, в то время как в опытной — всего 6,2, т. е. была существенно ниже (72,1% по сравнению с контролем). Масса тела самцов в возрасте 1 мес. составляла в контроле  $70,52 \pm 2,12$  г, облученных —  $74,28 \pm 2,09$  г, а у самок —  $66,63 \pm 1,30$  и  $70,53 \pm 2,43$  г соответственно. Таким образом, электромагнитное облучение оказывало негативное влияние на воспроизводство животных вплоть до возникновения у некоторых из родителей (самцов и самок) стерильности, однако масса экспериментальных животных превышала аналогичный показатель в контроле более чем на 5%.

У крыс-самцов в возрасте 2, 4 и 6 мес., полученных от облученных родителей, значительных нарушений массовых показателей органов репродуктивной системы не выявляется (таблица), за исключением падения абсолютной и относительной массы семенных пузырьков, которое достигает у двухмесячных животных более 25% ( $p < 0,05$ ) и, вероятно, отражает их определенную дисфункцию, преимущественно связанную с содержанием фруктозы, являющейся основным источником энергии для поддержания жизнеспособности и подвижности спермиев, а повышение абсолютной массы семенников (возраст 4 мес.) и эпидидимисов (возраст 4 и 6 мес.) отчасти обусловлено различиями в массах тела контрольных и экспериментальных животных.

Таблица — Изменение массы тела, абсолютной и относительной массы органов репродуктивной системы крыс-самцов, полученных от облученных родителей и подвергнутых электромагнитному воздействию от сотового телефона (1800 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития

Изучаемые показатели	Контроль	Опыт	% к контролю
2 мес.			
Масса тела, г	$206,67 \pm 7,91$	$197,83 \pm 5,40$	96,8
АМ семенников, г	$1,28 \pm 0,046$	$1,24 \pm 0,042$	96,7
ОМ семенников, %	$0,62 \pm 0,019$	$0,63 \pm 0,009$	100,7
АМ эпидидимисов, г	$0,22 \pm 0,010$	$0,20 \pm 0,002$	89,9
ОМ эпидидимисов, %	$0,108 \pm 0,003$	$0,101 \pm 0,003$	94,1
АМ см. пузырьков, г	$0,48 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,04^*$	73,5
ОМ см. пузырьков, %	$0,23 \pm 0,008$	$0,17 \pm 0,018^*$	74,2
4 мес.			
Масса тела, г	$318,67 \pm 8,86$	$325,33 \pm 7,2$	102,1
АМ семенников, г	$1,44 \pm 0,02$	$1,57 \pm 0,03^*$	109,2
ОМ семенников, %	$0,45 \pm 0,01$	$0,48 \pm 0,006$	106,6
АМ эпидидимисов, г	$0,46 \pm 0,012$	$0,50 \pm 0,012^*$	107,9
ОМ эпидидимисов, %	$0,15 \pm 0,005$	$0,15 \pm 0,001$	100,0
АМ см. пузырьков, г	$0,98 \pm 0,12$	$1,08 \pm 0,05$	109,5
ОМ см. пузырьков, %	$0,31 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,01$	108,2
6 мес.			
Масса тела, г	$406,00 \pm 9,73$	$408,83 \pm 11,25$	100,7
АМ семенников, г	$1,66 \pm 0,032$	$1,56 \pm 0,09$	94,2
ОМ семенников, %	$0,41 \pm 0,015$	$0,39 \pm 0,03$	93,8
АМ эпидидимисов, г	$0,54 \pm 0,008$	$0,49 \pm 0,021^*$	91,2
ОМ эпидидимисов, %	$0,13 \pm 0,003$	$0,12 \pm 0,007$	90,9
АМ см. пузырьков, г	$1,39 \pm 0,08$	$1,43 \pm 0,07$	102,5
ОМ см. пузырьков, %	$0,34 \pm 0,018$	$0,37 \pm 0,015$	107,1
Примечания:			
1 — АМ — абсолютная масса.			
2 — ОМ — относительная масса.			
3 — * — достоверно при $p < 0,05$ .			

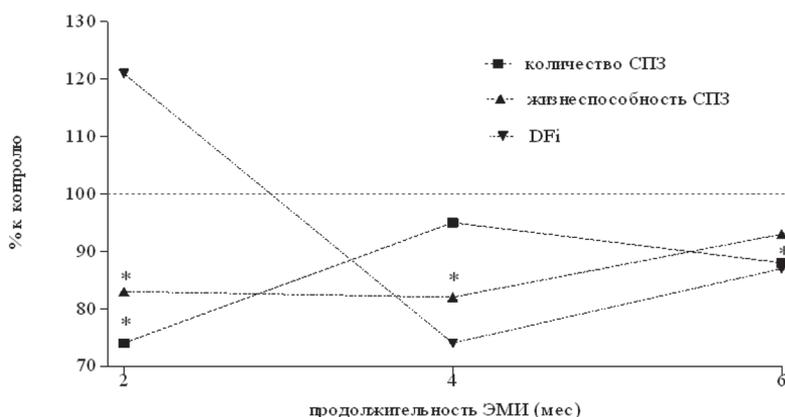
Количество сперматогенных клеток различных популяций в возрасте 2 мес. незначительно отличаются от контрольных значений, за исключением тенденции к повышению числа продолговатых сперматид (рисунок 1). Однако в возрасте 4 мес. наблюдается достоверное снижение числа прелептотенных сперматоцитов и удлинённых сперматид и повышение количества сперматоцитов 1-го порядка, в то время как у 6-месячных крыс выявляется падение числа сперматогоний (-14,5%), удлинённых сперматид (-22,7%) и заметный рост круглых сперматид (+28,7%). Тем не менее можно заключить, что диспропорция клеточного состава популяций сперматогенных клеток в основном носит умеренный характер.



2C — сперматогонии; S-phasa — сперматоциты в прелептотене; 4C — сперматоциты I порядка; 1C, HC1 и HC2 — круглые, удлинённые и продолговатые сперматиды; \* — достоверно при  $p < 0,05$

**Рисунок 1.** — Изменение количественного состава сперматогенных клеток различных популяций в ткани семенника крыс, полученных от облученных родителей и подвергнутых электромагнитному воздействию от сотового телефона (1800 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития

При анализе продукции сперматогенеза у облученных животных по количеству сперматозоидов, выделенных из эпидидимиса, отмечается достоверное снижение их числа у животных 2- и 6-месячного возраста, более значительное для первых (рисунок 2). Жизнеспособность эпидидимальных сперматозоидов у животных после длительного электромагнитного воздействия и полученных от облученных родителей на всех этапах онтогенеза снижается, особенно в возрасте 2 и 4 мес., составляя 83,5% ( $p < 0,05$ ) и 81,7% ( $p < 0,05$ ) от контроля соответственно.

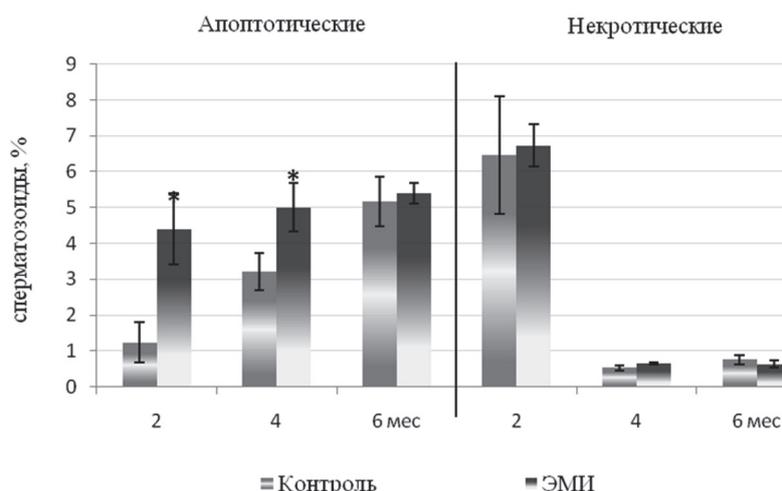


**Рисунок 2.** — Количество сперматозоидов, выделенных из эпидидимисов, их жизнеспособность и индекс DFi у крыс-самцов, полученных от облученных родителей и подвергнутых электромагнитному воздействию от сотового телефона (1800 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития

В то же время, несмотря на тенденцию к повышению значения индекса DFi в эпидидимальных сперматозоидах экспериментальных крыс в возрасте 2 мес. и его снижения в последующие сроки (4 и 6 мес.), изменения не носят достоверного характера, что, вероятно, указывает на недостаточную энергию электромагнитного излучения мобильного телефона (1800 МГц, 0,125 Вт) для вызова нарушений в структуре ДНК в зрелых половых клетках.

Выявлено существенное повышение уровня программированной гибели эпидидимальных сперматозоидов у 2- и 6-месячных крыс 1-го поколения, которые подвергались воздействию электромагнитного излучения мобильного телефона (1800 МГц) в период эмбрионального и постнатального развития и полученных от облученных родителей (рисунок 3). Апоптоз зрелых половых клеток у облученных молодых животных (2 мес.) более чем в 3,5 раза превышал контрольный уровень, а у крыс в возрасте 4 мес. — более чем в 1,5 раза. В этих условиях количество некротических сперматозоидов у экспериментальных животных не претерпело существенных изменений.

Вопрос об эффективности пре- и постнатального электромагнитного облучения на потомство широко обсуждается в исследованиях последнего времени. Ряд авторов считает, что электромагнитная экспозиция не оказывает влияния на течение беременности, фертильность и репродуктивные возможности, развитие животных последующих поколений, в т. ч. при воздействии на протяжении четырех поколений [5]. Однако в других исследованиях действие электромагнитного излучения приводило к снижению количества животных в потомстве, полученном от облученных родителей, стерильности, нарушению структуры тестикулярной ткани и других показателей репродуктивной системы [6, 7].



**Рисунок 3.** — Изменение числа апоптотических и некротических эпидидимальных сперматозоидов (СПЗ) крыс-самцов, полученных от облученных родителей и подвергавшихся воздействию электромагнитного излучения от сотового телефона (1800 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития

Полученные нами данные также свидетельствуют о возникновении негативных последствий при длительном влиянии электромагнитного облучения на частоте 1800 МГц у потомства, полученного от облученных родителей. Одним из наиболее значимых эффектов электромагнитной экспозиции в период эмбриогенеза и постнатального развития является выраженное уменьшение количества числа полученных животных и числа забеременевших самок. Кроме того, установлено длительное сохранение нарушений в состоянии репродуктивной системы у облученных самцов в возрасте 2, 4 и 6 мес. по сравнению с интактными животными, что подтверждается диспропорцией количественного состава популяций сперматогенных клеток в ткани семенника, уменьшением продукции спермиогенеза, падением жизнеспособности зрелых половых клеток и их повышенной программированной гибели.

В то же время отсутствие значимых изменений отдельных показателей репродуктивной системы или их снижение по сравнению с предыдущими сроками наблюдения у потомства в возрасте 6 мес. (например, таких как жизнеспособность и апоптоз эпидидимальных сперматозоидов), полученного от облученных родителей и при продолжении длительной электромагнитной экспозиции на всем протяжении постнатального развития (1800 МГц) свидетельствует о возможности исследуемой системы частично компенсировать негативные эффекты действующего фактора, т. е. адаптироваться к нему.

**Закключение.** Установлены отдаленные последствия электромагнитного воздействия у крыс-самцов, полученных от облученных родителей и подвергавшихся длительной экспозиции (1800 МГц, 8 ч/день) в период эмбриогенеза и постнатального развития до достижения возраста 6 мес. Они заключаются в снижении числа забеременевших самок и полученных животных, а также в нарушении состоянии репродуктивной системы в различные возрастные периоды, в т. ч. падении абсолютной и относительной массы семенных пузырьков (2 мес.), диспропорции отдельных клеточных популяций сперматогенных клеток (4 и 6 мес.), уменьшении количества эпидидимальных сперматозоидов и их жизнеспособности, заметном ускорении программированной гибели (2; 4 мес.) зрелых половых клеток.

Нормализация некоторых показателей репродуктивной системы у животных половозрелого возраста (6 мес.) указывает на определенную адаптацию организма животных к длительному низкоинтенсивному электромагнитному воздействию в указанном режиме (1800 МГц, 8 ч/день).

#### Литература

1. Кудряшов, Ю.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения: учеб. для вузов / Ю.Б. Кудряшов, Ю.Ф. Перов, А.Б. Рубин. — М.: Физматлит, 2008. — 184 с.
2. Верещако, Г.Г. Электромагнитное излучение диапазона мобильной связи и его влияние на мужскую репродуктивную систему и потомство / Г.Г. Верещако. — Минск: Беларус. навука, 2015. — 190 с.
3. Влияние внешнего облучения и иммобилизационного стресса на репродуктивную систему крыс-самцов / Г.Г. Верещако [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2016. — Т. 56, № 1. — С. 56–63.
4. Association of sperm apoptosis and DNA ploidy with sperm chromatin quality in human spermatozoa / R.Z. Mahfouz [et al.] // Fertil. Steril. — 2009. — Vol. 91, № 4. — P. 1110–1118.
5. Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study / A.M. Sommer [et al.] // Radiat. Res. — 2009. — Vol. 171, № 1. — P. 89–95.
6. Шибкова, Д.З. Ранние и отдаленные эффекты влияния ЭМП РЧ диапазона на репродуктивную функцию и морфофункциональное состояние потомства экспериментальных животных / Д.З. Шибкова, Т.В. Шилкова, А.В. Овчинникова // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2015. — Т. 55, № 5. — С. 514–519.
7. Magras, I.N. RF radiation-induced changes in the prenatal development of mice / I.N. Magras, T.D. Xenos // Bioelectromagnetics. — 1997. — Vol. 18, № 6. — P. 455–461.

## LONG TIME RADIATION EFFECTS OF A CELLULAR PHONE (1800 MHZ) ON MALE RATS REPRODUCTIVE SYSTEM PROPAGATED FROM IRRADIATED PARENTS

*Vereschako G.G., Tshueshova N.V., Tsukanova E.V.*

*State scientific institution "The Institute of Radiobiology of The National Academy of Sciences of Belarus",  
Gomel, Republic of Belarus*

We studied the reproductive system of male rats, obtained from the parents after long electromagnetic exposure setting simulating a mobile phone signal (1800 MHz, 8 h/day) and which plunges EMF during embryonic and postnatal development to age of 2, 4 and 6 months.

It was found that the number of irradiated animals born from female rats as compared with the control decreased by more than 25%. The average number of litter per calving female in the control group was 8.6, whereas in the trial group was only 6.2.

The deviations of the reproductive system organs weight, the quantitative disproportion of spermatogenic cell populations have been revealed in the irradiated animals. The analysis of quantitative and qualitative characteristics of the epididymal sperm showed that a significant decrease in numbers of experimental animals (2 and 6 months) has been observed, as well as their viability (2 and 4 months), the increase of the programmed death of germ cells is more pronounced at the 2- and 4-month male rats.

**Keywords:** male rats, reproductive system, electromagnetic radiation, mobile phone, spermatogenesis, spermatozoa.

Поступила 14.07.2016

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

*Дзержинская Н.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье приведены материалы по определению оптимальных размеров санитарно-защитной зоны промышленного предприятия с учетом комбинированного действия загрязняющих химических веществ. Проанализированы результаты расчета рассеивания веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух предприятием химической промышленности, графических материалов, характеризующих его месторасположение. Изучены данные лабораторного инструментального контроля загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения предприятия.

**Ключевые слова:** многокомпонентное загрязнение атмосферного воздуха, комбинированное действие загрязняющих химических веществ, санитарно-защитная зона.

**Введение.** Загрязнение атмосферного воздуха играет значимую роль в формировании популяционного здоровья. В атмосферном воздухе населенных пунктов за счет действия мобильных и стационарных источников загрязнения может одновременно содержаться от нескольких десятков до сотен загрязняющих химических веществ, особенно в населенных пунктах с развитым промышленным сектором [1, 2]. Одновременное воздействие на организм человека загрязняющих химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, может вызывать эффекты, отличающиеся от изолированного действия каждого отдельного вещества.

Оценка качества атмосферного воздуха и его влияния на состояние здоровья населения широко используется для принятия градостроительных решений при активном росте населенных пунктов, строительстве и реконструкции промышленных предприятий, расширении жилой застройки за счет использования прилегающей к предприятиям и другим объектам территории. Обоснование оптимальных размеров санитарно-защитной зоны позволяет защитить здоровье населения, проживающего вблизи предприятия, снизить содержание загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе путем рассеивания до границ территории жилой застройки, а также определить приоритетные группы профилактических мероприятий по снижению неблагоприятного действия загрязняющих химических веществ на здоровье населения. Для объективной оценки принимаемых градостроительных решений необходим учет многокомпонентного характера атмосферного загрязнения. Это позволит обосновать необходимые и достаточные меры по защите здоровья населения от неблагоприятного воздействия загрязняющих химических веществ.

**Цель работы** — апробация метода определения оптимальных размеров санитарно-защитной зоны предприятия с учетом комбинированного действия загрязняющих химических веществ на примере предприятия химической промышленности.

**Материалы и методы.** *Материалы* — данные о степени загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения предприятия химической промышленности за 2009–2015 гг.: концентрации химических веществ по результатам аналитического лабораторного контроля (производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга), расчета рассеивания выбрасываемых в атмосферный воздух предприятием веществ, данные стационарных постов наблюдений Республиканского центра радиационного контроля и мониторинга окружающей среды; графические материалы, характеризующие территорию расположения предприятия. *Методы* — математическое моделирование, системный и статистический анализ, санитарное описание.

**Результаты и их обсуждение.** Санитарно-защитная зона — территория с особым режимом использования, размер которой обеспечивает достаточный уровень безопасности здоровья населения от вредного воздействия (химического, биологического, физического) объектов на ее границе и за ней [3]. Воздействие загрязняющих веществ на здоровье населения может происходить как напрямую при вдыхании из атмосферного воздуха, так и опосредованно за счет их попадания в другие передающие среды. В связи с этим вокруг предприятия может формироваться обширная территория, на которой реализуются различные сценарии воздействия веществ на организм человека. Соблюдение нормативов содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе гарантирует отсутствие неблагоприятных эффектов со стороны здоровья населения. Исходя из этого, соблюдение значений гигиенических нормативов является обязательным условием для защиты здо-

ровья населения, проживающего вблизи предприятия, выбрасывающего в атмосферный воздух загрязняющие химические вещества. Однако одновременное присутствие в атмосферном воздухе большого количества химических веществ в концентрациях, не превышающих значений их гигиенических нормативов, может вызывать эффекты, присущие воздействию групп суммации на критические органы и системы в соответствии с характером их повреждающего действия. В связи с этим актуальным является изучение качественного состава выбросов предприятия, выявление групп суммации с учетом фоновое уровня загрязнения атмосферного воздуха. Если в составе атмосферного загрязнения присутствуют вещества, обладающие односторонним повреждающим действием, необходимо контролировать их совместное содержание в соответствии с гигиеническим нормативом [4]. Таким образом, оптимальный размер санитарно-защитной зоны предприятия может быть определен путем анализа расчетных концентраций загрязняющих химических веществ, выбрасываемых предприятием, с учетом наличия среди данных веществ групп суммации.

В данном исследовании для определения оптимальных размеров санитарно-защитной зоны промышленного предприятия изучено предприятие химической промышленности, расположенное на территории, прилегающей к жилой застройке, в одном из населенных пунктов Минской области. Предприятие специализируется на производстве скипидара, канифоли, антисептиков, деревозащитных пропиточных, составов деревозащитных, других красок, растворителей и иных продуктов лесохимической промышленности. Валовый выброс загрязняющих химических веществ в атмосферный воздух составляет 46,99 т/год и представлен более чем 40 наименованиями различных химических веществ. Базовый размер основного производства предприятия составляет 500 м, ближайшая жилая застройка располагается на расстоянии 200 м на северо-западе (представлена 2–5-этажными жилыми зданиями) и на расстоянии 130–150 м на востоке (одноэтажная индивидуальная застройка). Проведено математическое моделирование рассеивания загрязняющих химических веществ от источников выбросов в атмосферный воздух. На примере аммиака и формальдегида проведено дальнейшее исследование по определению оптимальных размеров санитарно-защитной зоны предприятия. Данные вещества входят в перечень основных, выбрасываемых предприятием, обладают односторонним повреждающим действием, внесены в программу аналитического лабораторного контроля качества атмосферного воздуха в районе расположения предприятия, что позволяет оценить концентрацию данных веществ, полученных расчетным способом, в сравнении с результатами аналитического лабораторного контроля в районе расположения предприятия (рисунки 1, 2).

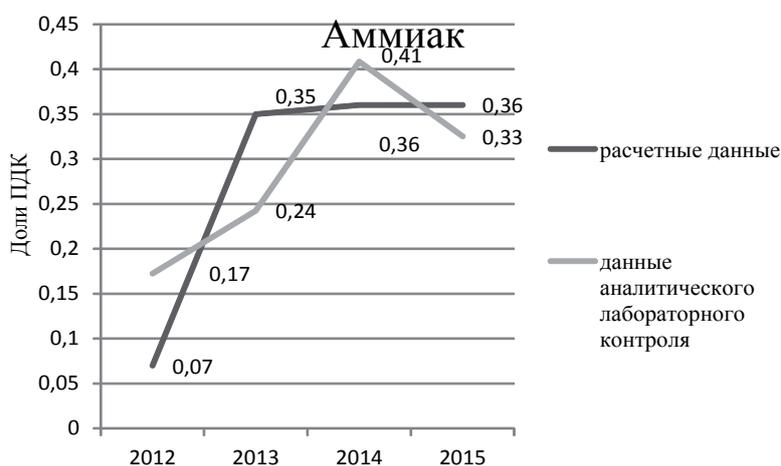


Рисунок 1. — Содержание аммиака в атмосферном воздухе в районе расположения предприятия в долях ПДКм.р. по расчетным данным и данным аналитического лабораторного контроля

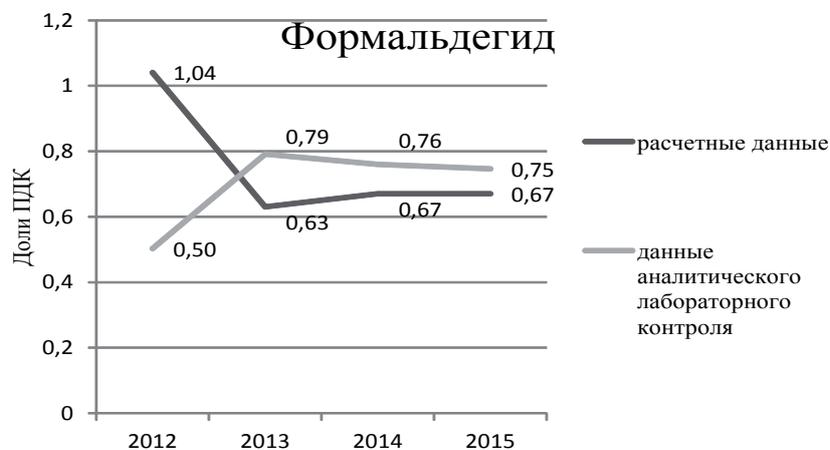
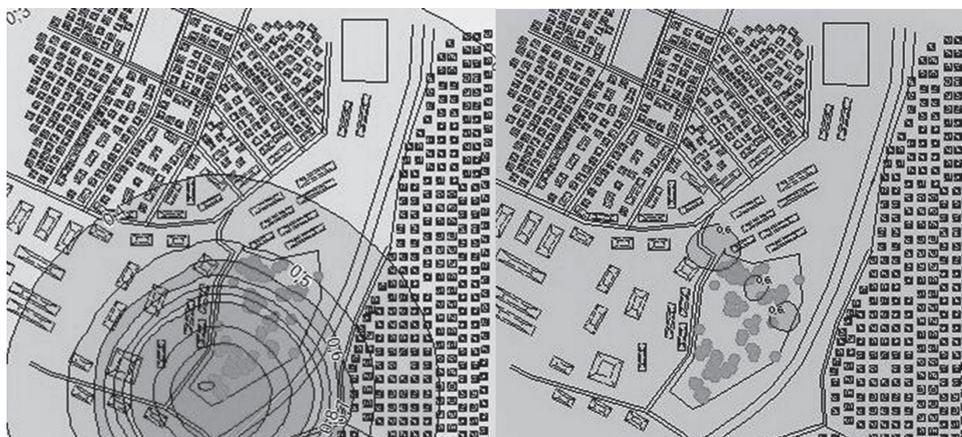


Рисунок 2. — Содержание формальдегида в атмосферном воздухе в районе расположения предприятия в долях ПДКм.р. по расчетным данным и данным аналитического лабораторного контроля

Данные аналитического лабораторного контроля и результаты расчета рассеивания аммиака и формальдегида имеют сходные тенденции в динамике, но не совпадают в абсолютных значениях. Сходные тенденции свидетельствуют о том, что расчетный и аналитический лабораторный методы отражают реальную картину загрязнения атмосферного воздуха и их совместное использование позволяет получить более полное представление о его степени в районе расположения предприятия химической промышленности.

Территориальное распределение концентраций аммиака и формальдегида было совмещено со схемой размещения предприятия и прилегающей к нему жилой застройки (рисунок 3).



**Рисунок 3. — Концентрации аммиака (слева) и формальдегида (справа) в долях ПДКм.р., формируемые источниками выбросов предприятия в атмосферный воздух с учетом фонового загрязнения**

Распределение концентраций аммиака и формальдегида на территории предприятия и прилегающей жилой застройки свидетельствует о том, что санитарно-защитная зона промышленного предприятия охватывает площадку самого предприятия и прилегающую нежилую территорию. Исходя из результатов, полученных при анализе изолированных концентраций, установлено, что содержание данных веществ на прилегающей жилой застройке не превышает значений гигиенических нормативов (составляет меньше 1,0 долей ПДК).

Однако аммиак и формальдегид обладают односторонним действием и составляют группу суммации в соответствии с гигиеническим нормативом [4]. В связи с этим при одновременном присутствии в атмосферном воздухе данных химических веществ необходимо учитывать эффект суммации от их комбинированного воздействия. Распределение концентраций аммиака и формальдегида с учетом эффектов суммации представлено на рисунке .:



**Рисунок 4. — Концентрации группы суммации аммиака и формальдегида в долях ПДКм.р., формируемые источниками выбросов предприятия в атмосферный воздух с учетом фонового загрязнения**

При учете одностороннего действия загрязняющих химических веществ, выбрасываемых предприятием и входящих в группу суммации, установлено, что территория, на которой обнаруживается превышение значения гигиенического норматива одновременного содержания аммиака и формальдегида, больше, чем аналогичная территория, определенная без учета многокомпонентного характера загрязнения. Сравнимо с размерами, установленными по изолированным концентрациям, площадь санитарно-защитной зоны увеличивается на 77,8%; по 4 основным и 4 производным от них румбам размеры увеличиваются на:

- с севера — 66 м;
- с северо-запада — 68 м;
- с запада — 65 м;
- с юго-запада — 60 м;

- с юга — 60 м;
- с юго-востока — 60 м;
- с востока — 60 м;
- с северо-востока — 61 м.

В сложившейся жилой застройке, расположенной вблизи предприятия, при учете эффектов суммации веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, могут проявляться эффекты неблагоприятного влияния атмосферного загрязнения на состояние здоровья населения. Это свидетельствует о том, что принимаемые планировочные профилактические мероприятия для данного предприятия не являются оптимальными и для улучшения обстановки могут быть использованы дополнительные планировочные мероприятия — перераспределение источников выбросов аммиака и формальдегида на промышленной площадке, а также санитарно-технические мероприятия для источников, выбрасывающих данные вещества.

Таким образом, учет многокомпонентного характера загрязнения атмосферного воздуха является необходимым условием при определении оптимальных размеров санитарно-защитной зоны промышленного предприятия. При наличии в составе выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, обладающих однонаправленным действием, размер и конфигурация санитарно-защитной зоны меняется по отношению к таковым, установленным при оценке по изолированным концентрациям загрязняющих химических веществ.

**Заключение.** Совместное применение расчетного метода и метода аналитического лабораторного контроля позволяет получить более достоверную информацию об уровне загрязнения атмосферного воздуха, его территориальном и временном распределении, устранить недостатки, характерные для расчетного метода и метода аналитического лабораторного контроля.

Учет одновременного присутствия аммиака и формальдегида, обладающих однонаправленным действием, привел к изменению конфигурации и увеличению размеров санитарно-защитной зоны предприятия на 77,8% и на 60–68 м по восьми румбам в сравнении с размерами санитарно-защитной зоны, установленными по изолированным концентрациям данных загрязняющих веществ.

Определение оптимальных размеров санитарно-защитной зоны является частью планировочных мероприятий, применяемых к предприятию, для защиты здоровья населения, проживающего вблизи границы территории объекта. Учет эффектов суммации и многокомпонентного характера загрязнения атмосферного воздуха в отдельных случаях может привести к необходимости использования дополнительных профилактических мероприятий (планировочных, санитарно-технических, технологических, административных).

#### Литература

1. Пинигин, М.А. Теория и практика оценки комбинированного действия химического загрязнения атмосферного воздуха / М.А. Пинигин // Гигиена и санитария. — 2001. — № 1. — С. 9–13.
2. Чеботарев, П.А. Гигиенические основы охраны здоровья населения в условиях многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха углеводородами и продуктами их трансформации: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.07 / П.А. Чеботарев; Мин. гос. мед. ин-т. — Минск, 2005. — 32 с.
3. СанПиН «Требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду» [Электронный ресурс]: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 15.05.2014 № 35. — Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/static/acts/tehnicheskie/teksty/obschie\\_voprosy](http://minzdrav.gov.by/ru/static/acts/tehnicheskie/teksty/obschie_voprosy). — Дата доступа: 29.06.2016.
4. Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации [Электронный ресурс]: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 30.03.2015 № 33. — Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/dadvfiles/000352\\_158798\\_gig\\_normativ\\_33.doc](http://minzdrav.gov.by/dadvfiles/000352_158798_gig_normativ_33.doc). — Дата доступа: 29.06.2016.

## DETERMINATION OF OPTIMAL SIZES OF INDUSTRIAL SANITARY PROTECTION ZONE WITH COMBINED ACTION OF CHEMICAL POLLUTANTS

*Dziarzhynskaya N.A.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The materials for determination of optimal sizes of industrial sanitary protection zone with the combined effect of chemical pollutants have been presented in the article. The results of the substances calculation dissipation, emitted into the atmosphere by chemical enterprise and graphic materials have been analyzed. The air pollution laboratory instrument control results near the location of the enterprise have been analyzed.

**Keywords:** multi-component air pollution, combined action of chemical pollutants, sanitary protection zone.

Поступила 19.07.2016

## К ВОПРОСУ ОБ ОБРАЗОВАНИИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫХ И ЭМЕРДЖЕНТНЫХ), ИХ ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ И КАНЦЕРОГЕННЫХ СВОЙСТВАХ: ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Дроздова Е.В., Бурая В.В., Гирина В.В., Суровец Т.З., Фираго А.В.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты анализа научной литературы по проблеме образования побочных продуктов дезинфекции с учетом их канцерогенного потенциала. Показано, что современными методами химического анализа идентифицируются более 260 побочных продуктов хлорирования и более 80 озонирования, в т. ч. обладающих канцерогенным потенциалом.

**Ключевые слова:** питьевое водоснабжение, поверхностные источники питьевого водоснабжения, водоподготовка, химические риски здоровью, побочные продукты дезинфекции, генотоксичность, мутагенность.

**Введение.** Эффективность освобождения воды от микробного загрязнения на этапах очистки во многом зависит от характера взвеси, параметры которой непостоянны. Для создания надежного и управляемого барьера на пути возможной передачи через воду кишечных инфекций применяется ее обеззараживание. В практике питьевого водоснабжения используются реагентные (хлорирование, озонирование и др.) и безреагентные (ультрафиолетовое облучение и др.) методы обеззараживания. При выборе метода обеззараживания помимо эффективности в отношении различных видов микроорганизмов следует учитывать ряд других принципов. Важнейшей гигиенической характеристикой метода обеззараживания является опасность для здоровья человека остаточных количеств биологически активных веществ, применяющихся для обеззараживания или образующихся при водоподготовке. Контроль образования побочных продуктов сводится к контролю дозы дезинфицирующего вещества и количества побочных продуктов. Наиболее актуальна проблема образования побочных продуктов дезинфекции при обработке природных поверхностных вод и применении реагентных методов обеззараживания. Образующиеся в результате обеззараживания воды хлорсодержащими реагентами и озонированием органические соединения — это высокотоксичные соединения, способные негативно влиять на здоровье человека. Ранее в 2005 г. на основании результатов научных исследований [1] были разработаны и научно обоснованы требования к контролю безопасности применения хлорирования для обеззараживания питьевой воды по содержанию потенциальных побочных продуктов (тригалогенметанов), что соответствовало имеющимся научным данным и основным международным тенденциям и подходам. В то же время практика применения и данные современных научных исследований позволили выявить ряд проблемных моментов в данной области, требующих детальной научной проработки. Так, например, контроль безопасности обеззараживания воды проводится по содержанию остаточных продуктов и определенному (2–6 веществ в зависимости от метода обработки) перечню индикаторных веществ, при этом, по данным научных исследований (Woo et al., 2002; Richardson S.D. et al. 2007; Krasner S.W., 2009; Cao N. et al., 2009; Lui Q. et al., 2010; Bull R.J. et al., 2011), одновременно в воде после обработки могут присутствовать до 260 побочных продуктов, и среди них не только тригалогенметаны (далее — ТГМ) [2–7]. Несомненно, контроль по всем веществам нецелесообразен, однако одновременное присутствие органических веществ, обладающих выраженной биологической активностью, даже в следовых концентрациях может вызывать биологические эффекты, в т. ч. отдаленные. Таким образом, расширение перечня используемых методов водоподготовки и обеззараживания питьевой воды при отсутствии соответствующих современному уровню знаний методик оценки и контроля безопасности воды с учетом одновременного присутствия ряда побочных продуктов водоподготовки, оценки отдаленных эффектов (генотоксичности) проб обработанной воды затрудняют выбор и оценку способа водоподготовки с позиций риска здоровью от присутствия в воде побочных продуктов, обладающих отрицательными эффектами на здоровье. Вышеизложенное определило актуальность научно-исследовательской работы (далее — НИР) по заданию 01.01 ОНТП «Здоровье и среда обитания» (2016–2018 гг.).

**Цель работы** — разработка и внедрение методологии оценки безопасности способов обеззараживания воды по критериям потенциального канцерогенного риска здоровью от воздействия побочных продуктов дезинфекции.

В рамках НИР впервые в республике будут получены экспериментальные данные об интегральной токсичности и генотоксическом потенциале питьевой воды и воды бассейнов после обеззараживания при различных способах и режимах обработки, учитывающие сезонные характеристики, будет дана оценка канцерогенному риску продуктов дезинфекции в питьевой воде и воде бассейнов. В настоящей статье представлены промежуточные результаты НИР в части изучения имеющихся данных о потенциальных токсичных продуктах дезинфекции и их свойствах.

**Материалы и методы.** Проанализированы имеющиеся научные данные об изучении процессов дезинфекции воды в аспекте образования побочных продуктов и потенциальных рисков здоровью с учетом их отдаленных эффектов, отчеты международных экспертных групп, международные рекомендации (ВОЗ), нормативно-методические документы различных стран, регламентирующие контроль безопасности применения реагентного обеззараживания (РФ, США, Канада, ЕС, Япония и др.).

**Результаты и их обсуждение.** Проанализирована отечественная и зарубежная научная литература (изучено более 200 зарубежных литературных источников), нормативная база по проблеме, дан сравнительный анализ отечественных, международных подходов и подходов отдельных стран к оценке безопасности водопользования, обусловленного применением различных методов и способов обеззараживания с учетом образования побочных продуктов дезинфекции (далее — ППД).

Доказано, что при хлорировании воды до 10% хлора могут образовывать галогеносодержащие соединения (ГСС), предшественником которых являются гуминовые кислоты, фульвокислоты, танины, хиноны, фенолы и т. д., содержащиеся в значительном количестве в открытых водоисточниках. Современными методами химического анализа идентифицируются уже не 20 (как в 1980-е гг.), а более 260 таких соединений. Образующиеся в результате обеззараживания воды хлорсодержащими реагентами хлорорганические соединения (в т. ч. хлороформ, дихлорбромметан, бромдихлорметан, трибромметан, трихлорфенол, 2-хлорфенол, дихлорацетонитрил, хлоргидридин) — это высокотоксичные соединения, способные негативно влиять на здоровье человека. Ряд соединений (хлороформ, бромдихлорметан) отнесен к группе канцерогенов с классом опасности 1 (чрезвычайно опасные) по санитарно-токсикологическому признаку. Накоплена достоверная информация по эпидемиологии случаев рака мочевого пузыря, толстой и прямой кишки, поджелудочной железы и головного мозга, связанных с употреблением хлорированной воды, содержащей ТГМ. Доказано влияние ТГМ на репродуктивную функцию женщин: увеличение числа нарушений течения беременности, внутриутробного развития плода, появление врожденных уродств, вызванных хлорированной питьевой водой с концентрациями ТГМ более 80–100 мкг/л. Исследования также обнаружили связь между наличием побочных продуктов дезинфекции в воде и риском кожных и респираторных заболеваний при принятии душа или ванны.

Альтернативой применения жидкого хлора для обеззараживания питьевой воды традиционно считается использование производных хлора (гипохлорит натрия или диоксид хлора — готовые продукты или производимые на месте). Однако применение высококонцентрированного гипохлорита натрия для обеззараживания воды не исключает полностью возможности образования хлорорганических соединений в процессе водоподготовки. Использование предаммонизации позволяет лишь снизить их содержание до уровня предельно допустимых значений. Кроме того, образующиеся в результате реакции гипохлорита с аммиаком хлорамины негативно влияют на здоровье человека, прежде всего на систему кроветворения.

Диоксид хлора обладает рядом преимуществ по сравнению с гипохлоритом: более высокое бактерицидное и дезодорирующее действие, отсутствие в продуктах обработки хлорорганических соединений, улучшение органолептических качеств воды. Однако он сильный окислитель, относится к веществам 2-го класса опасности, может оказывать негативное влияние на репродуктивную функцию, обладает эмбриотоксическим действием, угнетает образование гормонов щитовидной железы, повреждает эритроциты, снижает уровень гемоглобина. При этом использование диоксида хлора для воды поверхностных водоисточников зачастую не позволяет получить достаточную степень обеззараживания воды в дозах, при которых остаточное содержание хлоритов и хлоратов в питьевой воде не превышает предельно допустимых значений (ПДК хлорит-ион — 0,2 мг/л, ПДК хлорат-ион — 20 мг/л).

Исследование по всестороннему изучению побочных продуктов дезинфекции в помещениях бассейнов показало присутствие в хлорированной питьевой воде и воде бассейнов еще более 100 побочных продуктов, о которых никогда ранее не сообщалось. Установлены доказательства генотоксического эффекта у здоровых взрослых уже после 40 мин плавания в хлорированной воде (увеличение количества микроядер в лимфоцитах крови указывает на повреждение хромосом и повышенный риск развития рака у здоровых людей). Также побочные продукты повышают проницаемость тканей легких для различных патогенных организмов, что может привести к тяжелым респираторным инфекциям. Тесты показали, что вода в бассейне столь же мутагенная, как и хлорированная питьевая, но при этом более цитотоксическая. Угрозу для здоровья можно устранить только за счет сокращения уровня канцерогенных химических веществ.

Используемые в качестве альтернативы хлорированию методы обеззараживания (например, озонирование) обладают не менее выраженными отрицательными последствиями. При озонировании образуются побочные продукты озонлиза (более 80), представляющие даже большую опасность, чем побочные продукты хлорирования. Это высокотоксичные химические соединения 1–2-го классов опасности: альдегиды, кетоны, органические кислоты, бромсодержащие тригалометаны (включая бромформ), броматы (в присутствии бромидов), пероксиды, бромуксусную кислоту и другие, от которых требуется доочистка уже обеззараженной воды.

Систематические аналитические и токсикологические исследования последних десятилетий выявили значимость других классов побочных продуктов хлорирования (галогенкетонов, галогенацетонитрилов, галогенуксусных кислот, хлорпикрина, хлорциана) и установили корреляцию между различными группами хлорорганических продуктов и качеством воды. Особый интерес представляют ППД, обладающие канцерогенным потенциалом. В рамках научных программ (США, Канада, Япония, ЕС) по критерию структура-активность были проанализированы более 200 ППД. Распределение 209 ППД в пределах уровней настороженности (значимости) в отношении канцерогенного потенциала, установленных на основании зависимости структура-активность, и структурных классов суммированы в таблице.

Предполагается, что из 209 исследованных ППД ни один не является высоко значимым в отношении канцерогенного потенциала. Только 20 ППД (<10%) прогностически обладают канцерогенным потенциалом средней степени или выше среднего. За одним исключением все это галогенизированные соединения, большинство из них принадлежит структурным классам галогенфуранов, галогеналканов/алкенов, галогеннитрилов и галогенкетонов. Из них четыре структурно связаны с 3-гало-4-(дихлорметил)-5-гидрокси-2(5)-фураном (далее — МХ), который среди побочных продуктов дезинфекции является самым мощным мутагеном прямого действия, прошедшим испытания в тесте Эймса, сильным многоцелевым канцерогеном для крыс. МХ может определять до 30–50 % мутагенности хлорированной воды. Однако предполагается, что МХ образуется в очень низких уровнях (1 нг/л) и таким образом, вероятно, не вызывает серьезную обеспокоенность. Пять других — галогенизированные алканы.

Наиболее значимый класс в отношении выраженности канцерогенного потенциала представляют собой галогенкислоты. Несколько галоакислот уже определены приоритетными для дальнейшего углубленного тестирования (в рамках научных программ). Вне четырех главных классов опасности один галогенальдегид (дихлорацетальдегид), один галогеннитроалкан (дибромонитрометан) и один негалогенизированный альдегид (бутандиаль) оцениваются как умеренно опасные (значимые). Дихлорацетальдегид рассматривается как умеренно опасный, поскольку является потенциальным сшивающим агентом, а также может быть окислен до дихлоруксусной кислоты (доказанный канцероген для грызунов с множественными механизмами действия). Дибромонитрометан рассматривается как умеренно опасный, поскольку соответствующий ему дихлоронитрометан предположительно является ближайшим мутагеном хлорпикрина, а замена хлора бромом должна сделать его более мощным мутагеном. Структурно связанные нитрометаны (особенно тетронитрометан) являются канцерогенами, тогда как хлорпикрин (трихлорнитрометан) — неканцерогенный для мышей и недоказанный канцероген для крыс.

Бутандиол является единственным негалогенизированным продуктом ППД, по данным исследования является умеренно опасным, поскольку у него есть два терминальных реактивных альдегида, отделенные двумя группами метилена, которые должны сделать его сильным сшивающим агентом. Предположительно более половины ППД (131/209) имеют низкий (98/209) или незначительный (33/209) канцерогенный потенциал. Среди них негалогенизированные карбоновые кислоты, кетоны, альдегиды, другие органические соединения. Негалогенизированные гидрофильные карбоновые кислоты не представляют опасности в отношении канцерогенного потенциала, поскольку вряд ли будут поглощены организмом, но в случае поступления быстро выводятся. Высокомолекулярные негалогенизированные карбоновые кислоты обладают низким потенциалом из-за отсутствия у них структурных признаков канцерогенов, многие из них также являются натуральными продуктами и питательными веществами. Несколько карбоновых кислот (6–10 атомов углерода рядом с карбоксильной группой ( $\alpha$ -1 углерод) считали потенциальными канцерогенами для крыс из-за пероксисом-пролиферативной активности, но в исследованиях им присвоен незначительный рейтинг канцерогенной опасности из-за неустановленного значения для человека.

Ряд негалогенизированных альдегидов, особенно с высокой молекулярной массой, обладают низкой или крайне низкой опасностью в отношении канцерогенного потенциала из-за поступления с питьевой водой в незначительных количествах. За исключением  $\alpha$ ,  $\beta$ -ненасыщенности или близкого расположения дикарбонильных групп, негалогенизированные кетоны в основном представляют низкую опасность, поскольку они испытывают недостаток электрофильной активности и, как правило, не связаны с канцерогенностью. Галогенизированные алифатические амины имеют низкую опасность из-за структурной аналогии с хлорамином, который имеет негативные данные биотестов.

Остальные (58/209) продукты дезинфекции попадают в низко умеренную категорию опасности и представляют большое разнообразие классов, галогенизированные и негалогенизированные соединения. В целом у этих ППД, как полагают, уровень опасности ниже умеренного, поскольку они имеют менее активную хлор/бром-группу или содержат структурные особенности, которые способствуют канцерогенности. Эти ППД включают определенные галоокислоты, галоальдегиды, галоэфиры, галоамиды, негалогенизированные ароматические нефтепродукты и реактивные кетоны. Большое количество (35/209) галокетонов, галофуранов, галоалканов, галонитрилов и негалогенизовавших альдегидов вызывают низко умеренную опасность.

Результаты анализа использованы для обоснования направлений дальнейших и разработки дизайна экспериментальных исследований по изучению влияния способов и режимов обеззараживания воды на микробный, химический состав, интегральную и генотоксичность воды.

Таблица — Химические классы ППД, для которых проводилась оценка, и соответствующие им уровни настороженности по их распространенности и канцерогенному потенциалу

Химические классы ППД	Общее число ППД	Уровни (значимости)			
		выше среднего	средний	ниже среднего	несущественный или низкий
Галофураноны МХ-связанные	10	3 (30%)	1 (10%)	4 (40%)	2 (20%)
Галоалканы/алкены	14	–	5 (36%)	6 (43%)	3 (21%)
Галонитрилы	15	–	6 (40%)	7 (47%)	2 (13%)
Галокетоны	18	–	2 (11%)	14 (88%)	2 (11%)
Галоальдегиды	6	–	1 (17%)	5 (83%)	–
Галонитроалканы	4	–	1 (25%)	3 (75%)	–
Галоокислоты*	11	–	–	2 (18%)	9 (82%)
Ацетат галоспиртов	2	–	–	1 (50%)	1 (50%)
Галоидзамещенные эфиры карбоновых кислот	3	–	–	1 (33%)	2b (67%)
Галоамины/галоамиды	6	–	–	2 (33%)	4 (67%)
Галогенированные ароматические углеводороды	4	–	–	2 (50%)	2 (50%)
Другие галогенированные органические соединения	3	–	–	1 (33%)	2 (67%)
Негалогенированные кетоны	16	–	–	2 (12%)	14 (88%)
Негалогенированные альдегиды	20	–	1 (5%)	4 (20%)	15 (75%)
Негалогенированные ислоты	54	–	–	–	54 (100%)
Негалогенированные ароматические углеводороды	9	–	–	2 (22%)	7 (78%)
		–	–	–	12 (100%)
Неорганические соединения	2	–	–	2 (100%)	–
Всего	209	3 (2%)	17 (8%)	58 (28%)	131 (62%)

Примечание — \* — не включая некоторые дигало- и тригалоуксусные кислоты, ранее отобранные для тестирования.

**Заключение.** Учитывая, что обеззараживание является неотъемлемым этапом водоподготовки питьевой воды из поверхностных источников, расфасованных в емкости питьевых вод, воды бассейнов, изучение химического состава и потенциальных отдаленных эффектов воздействия (мутагенности, генотоксичности, канцерогенности) питьевой воды и рекреационных вод (бассейнов) в результате их дезинфекции в реальных условиях (в зависимости от исходного состава воды, в разные сезоны года, способа обработки) с использованием современных методов исследований является актуальной и необходимой задачей для Республики Беларусь. Полученные данные позволят повысить научную обоснованность гигиенических подходов к оценке безопасности способов обеззараживания воды и на их основе в перспективе обосновывать выбор способа, оптимального с позиции достижения антимикробного эффекта обработки при исходном (микробном и химическом) составе воды, и с учетом минимальных отрицательных последствий по критериям потенциального канцерогенного риска здоровью от воздействия побочных продуктов дезинфекции в условиях конкретной системы водоснабжения, плавательного бассейна.

## Литература

1. Обосновать приоритетные галогенсодержащие соединения в питьевой воде из поверхностных источников городов Республики Беларусь, определяющие риск заболеваемости населения: отчет о НИР (заключит.): задание 5.2.9. ГНТП «Экологическая безопасность» / Респ. науч.-практ. центр гигиены; В.В. Ключенович [и др.]. — Минск, 2005. — 89 с.
2. Use of Mechanism-Based Structure–Activity Relationships Analysis in Carcinogenic Potential Ranking for Drinking Water Disinfection By-Products / Y. Woo [et al.] // *Env. Health Persp.* — 1999. — Vol. 107, suppl. 1. — P. 207–2017.
3. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research / S.D. Richardson [et al.] // *Mutat Res.* — 2007. — Vol. 636, № 1–3. — P. 178–242.
4. Potential carcinogenic hazards of non-regulated disinfection by-products: haloquinones, halo-cyclopentene and cyclohexene derivatives, N-halamines, halonitriles, and heterocyclic amines / R.J. Bull [et al.] // *Toxicol.* — 2011. — Vol. 286, № 1–3. — P. 1–19.
5. Bioanalytical and chemical assessment of the disinfection by-product formation potential: role of organic matter / M.J. Farré [et al.] // *Water Res.* — 2013. — Vol. 47, № 14. — P. 5409–5421.
6. Formation and toxicity of brominated disinfection byproducts during chlorination and chloramination of water: a review / V.K. Sharma [et al.] // *J. Environ. Sci. Health B.* — 2014. — Vol. 49, № 3. — P. 212–228.
7. Krasner, S.W. The formation and control of emerging disinfection by-products of health concern / S.W. Krasner // *Philos. Trans. A Math Phys. Eng. Sci.* — 2009. — Vol. 367, № 1904. — P. 4077–4954.

## ON THE FORMATION OF DRINKING WATER DISINFECTION BY-PRODUCTS (REGULATED AND EMERGENT), THEIR GENOTOXICITY AND CARCINOGENIC EFFECTS: REVIEW AND PERSPECTIVES FOR FURTHER STUDIES

*Drozdova E.V., Buraya V.V., Girina V.V., Suravets T.Z., Firago A.V.*  
*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The paper presents the analysis of the scientific literature on the issue of formation of disinfection by-products with regards of their carcinogenic potential. It is shown that modern methods of chemical analysis identified more than 260 by-products of chlorination and ozonation more than 80, including those with the carcinogenic potential.

**Keywords:** drinking water supply, surface water sources, water treatment, chemicals risks, disinfection by-products, genotoxicity, mutagenicity.

Поступила 20.09.2016

## ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИЙ *LISTERIA MONOCYTOGENES* В СМЫВАХ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

*Дудчик Н.В.<sup>1</sup>, Федоренко Е.В.<sup>1</sup>, Коломиец Н.Д.<sup>2</sup>, Тонко О.В.<sup>2</sup>, Ханенко О.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В модельном эксперименте определен предел обнаружения (чувствительность), оценена селективность метода выявления *Listeria monocytogenes* в смывах с оборудования. Апробация метода подтвердила его релевантность для санитарно-эпидемиологического контроля пищевых производств.

**Ключевые слова:** патогены, объекты среды технологического окружения, смывы, операционные характеристики.

**Введение.** Обеспечение микробиологической безопасности пищевых продуктов является одной из приоритетных задач, решение которой непосредственно направлено на охрану здоровья населения. Необходимость всестороннего изучения данной проблемы очевидна и включает многоплановую оценку факторов, воздействующих на здоровье человека. Одним из наиболее значимых факторов в настоящее время является микробная контаминация пищевых производств возбудителями эмерджентных бактериальных инфекций с пищевым путем передачи, среди которых значимое место принадлежит патогенной *Listeria monocytogenes*. По мнению экспертов ВОЗ, рост числа эмерджентных инфекционных заболеваний, являющихся наиболее эпидемиологически значимыми, наносящими большой социально-экономический ущерб, представляет собой одну из важных биологических угроз на современном этапе [1–3].

Для обеспечения достоверной и оперативной информации о состоянии микробного статуса производства его оценка должна проводиться валидированными методами с оцененными операционными характеристиками. Валидация микробиологических методов является неотъемлемой частью требований надлежащей лабораторной практики.

**Цель работы** — оценка операционных характеристик метода выявления и идентификации бактерий *Listeria monocytogenes* в смывах в модельном эксперименте.

**Материалы и методы.** В работе использовали стандартное оборудование микробиологических лабораторий, поверенное и калиброванное должным образом в соответствии с требованиями надлежащей лабораторной практики. Состав и приготовление питательных сред и их компонентов проводили по ГОСТ 32031-2012 [4].

Метод основан на выявлении бактерий *Listeria monocytogenes* с использованием накопительных и селективных питательных сред с дальнейшей идентификацией выявленных бактерий по специфическим биохимическим тестам.

*Listeria monocytogenes* грамположительные неспорообразующие тонкие, короткие палочки, которые формируют на Палкам-агаре мелкие серовато-зеленые или оливково-зеленые колонии с черным ореолом, иногда с черным центром, на Оксфорд-агаре формируют мелкие сероватые колонии, окруженные черным ореолом, каталазоположительные, подвижны при температуре 25±1°C, имеют β-гемолитическую и лецитиназную активность.

**Результаты и их обсуждение.** Операционные характеристики, такие как предел обнаружения (чувствительность) целевого микроорганизма при разных уровнях микробной нагрузки, а также эксклюзивность (селективность) метода являются

одними из наиболее значимых показателей приемлемости микробиологических методов исследований [5]. В соответствии с этим дизайн модельного эксперимента включал 2 этапа испытаний.

На первом этапе для оценки предела обнаружения (чувствительности) целевого микроорганизма в модельном эксперименте изучали 32 образца (2 повторности) смывов с поверхностей лабораторного оборудования, предварительно контаминированного музейным штаммом *Listeria monocytogenes* с двумя уровнями микробной нагрузки (1 уровень — менее 10 клеток в смыве, 2 уровень — 100 клеток в смыве). В каждом эксперименте участвовали 12 операторов.

На втором этапе для оценки эксклюзивности (селективности) метода в модельном эксперименте изучали образцы смывов с поверхностей лабораторного оборудования, предварительно контаминированного музейными штаммами *Listeria monocytogenes* NCTC 7973 и *Salmonella typhimurium* ATCC 1402. В каждом эксперименте участвовали 12 операторов.

На заключительном этапе была проведена апробация метода в ходе исследований 12 смывов с оборудования и технологического инвентаря пищевого производства. В каждом эксперименте участвовали 3 оператора.

Для контаминации образцов в модельном эксперименте готовили ночную культуру музейных штаммов *Listeria monocytogenes* NCTC 7973 и *Salmonella typhimurium* ATCC 1402. Культуры проявляли типичные культуральные и тинкториальные свойства.

Результаты исследований 1-го этапа представлены в таблице 1.

Таблица 1. — Результаты определения бактерий *Listeria monocytogenes* в образцах при разных уровнях микробной нагрузки

Операторы	Количество образцов		Ложноотрицательные результаты	Ложноположительные результаты	Отрицательные результаты	Положительные результаты
	контаминированные	чистые				
Низкий уровень микробной нагрузки <i>Listeria monocytogenes</i> (менее 10 клеток в смыве)						
18	10	8	нет	нет	8	10
Высокий уровень микробной нагрузки <i>Listeria monocytogenes</i> (100 клеток в смыве)						
18	9	8	нет	нет	9	9

Полученные результаты свидетельствуют, что предлагаемый метод обладает достаточной чувствительностью для выделения и идентификации бактерий *Listeria monocytogenes* как при низком, так и при высоком уровне контаминации. Предел обнаружения метода — единичные клетки *Listeria monocytogenes* в смыве.

На 2-м этапе готовили и использовали контрольные пробы:

-проба 1: положительный контрольный образец, контаминированный *Listeria monocytogenes* NCTC 7973 ( $1 \times 10^2$  КОЕ в смыве);

-проба 2: отрицательный контрольный образец, контаминированный *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 ( $1 \times 10^2$  КОЕ в смыве).

Результаты исследований 2-го этапа при оценке селективности метода представлены в таблице 2.

Таблица 2. — Результаты определения бактерий *Listeria monocytogenes* в образцах при оценке селективности метода

Операторы	Количество проб		Ложноотрицательные результаты	Ложноположительные результаты	Отрицательные результаты	Положительные результаты
	1	2				
Пробы контаминированы <i>Listeria monocytogenes</i> NCTC 7973						
12	10	2	нет	нет	10	2
Пробы контаминированы <i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028						
12	9	3	нет	нет	9	3

Результаты исследований 3-го этапа апробации метода представлены в таблице 3.

Таблица 3. — Выявление *Listeria monocytogenes* в смывах среды технологического окружения рыбоперерабатывающего производства

Количество образцов	Выявление <i>Listeria monocytogenes</i> в смывах					
	1 оператор		2 оператор		3 оператор	
	положительные	отрицательные	положительные	отрицательные	положительные	отрицательные
12	0	12	0	12	0	12

Таким образом, проведено 3 серии опытов, в т. ч. модельные эксперименты по оценке операционных характеристик, проведена его апробация на смывах среды технологического окружения пищевых производств. Всего выполнено 1104 исследования 46 образцов смывов (в двух повторностях каждый), в работе приняли участие 12 операторов.

#### Заключение:

1. При оценке селективности метода было выявлено отсутствие ложноположительных и ложноотрицательных результатов, что свидетельствует о достаточном уровне селективности метода выявления *Listeria monocytogenes* в смывах.

2. Уровень чувствительности (предел обнаружения) метода позволяет выявлять и идентифицировать единичные клетки патогена *Listeria monocytogenes*.

3. Апробация методики выявления *Listeria monocytogenes* в смывах показала адекватность и релевантность культурального метода, дополненного тинкториальной и биохимической идентификацией.

Исследования подтверждают релевантность метода выявления и идентификации *Listeria monocytogenes* в смывах с объектов среды обитания и оборудования пищевых производств. Операционные характеристики метода обеспечивают получение объективных и оперативных результатов для оценки микробного статуса пищевых производств.

#### Литература

1. Микробиологические риски пищевых отравлений / Н.Д. Коломиец [и др.] // Мед. панорама. — 2014. — № 2. — С. 23–25.
2. Обнаружение индикаторных бактерий на поверхностях технологического оборудования / О.В. Тонко [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены; редкол.: Г.Е. Косяченко [и др.]. — Минск: РНМБ, 2013. — Вып. 22. — С. 104–106.
3. Бактериологический и молекулярно-генетический анализ для выявления и ускоренной идентификации условно патогенных и патогенных микроорганизмов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / Н.В. Дудчик [и др.] // Достижения мед науки: реценз. науч.-практ. ежегод. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. науч. мед. б-ка; ред. В.И. Жарко [и др.]. — Минск: РНМБ, 2014. — Вып. 19. — С. 54–55.
4. ГОСТ 32031-2012. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* / Всерос. науч.-исслед. ин-т мясной промышленности им. В.М. Горбатова Рос. акад. с.-х. наук. — Введ. 01.04.2016. — Минск, 2016. — 28 с.
5. Дудчик, Н.В. Операционные характеристики метода ПЦР с гибридоизационно-флуоресцентной детекцией *real time* для выявления *Enterobacter sakazakii* / Н.В. Дудчик, С.А. Янецкая, О.Е. Нежвинская // Нац. ассоц. ученых (НАУ): ежемес. науч. журн. — 2015. — Ч. 1, № 1 (6). — С. 152–154.

### EVALUATION OF OPERATING CHARACTERISTICS OF *LISTERIA MONOCYTOGENES* DETECTION AND IDENTIFICATION METHOD IN SWABS IN THE MODELING EXPERIMENT

*Dudchik N.V.<sup>1</sup>, Fedorenko E.V.<sup>1</sup>, Kolomiets N.D.<sup>2</sup>, Tonko O.V.<sup>2</sup>, Hanenko O.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus

The limit of detection (sensitivity) and the selectivity of detection *Listeria monocytogenes* method in equipment swabs have been evaluated in the model experiment. The approbation of the method confirmed its relevancy for sanitary and epidemiological control of food production processes.

**Keywords:** pathogens, environmental objects of technological environment, swabs, operating characteristics.

Поступила 19.07.2016

### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ФАКОТРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ ТЕСТ-МОДЕЛЕЙ

*Дудчик Н.В., Шевляков В.В., Емельянова О.А., Нежвинская О.Е.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Обоснованы принципы, методические подходы и требования разработки валидных прокариотических тест-моделей, которые позволяют в зависимости от конкретных гигиенических задач разрабатывать и использовать высокочувствительные, экономически выгодные экспресс-методики, адекватные для объективной оценки биологического действия химических и физических факторов среды обитания.

**Ключевые слова:** популяционные тест-модели, клеточные тест-модели, факторы среды обитания, гигиеническая регламентация.

**Введение.** Гигиеническая оценка вредности и опасности для организма факторов и условий среды обитания, обоснование их гигиенической регламентации и профилактики, а также изучение их этиопатогенетической роли в формировании предпатологии, экологозависимых, профессиональных и производственно обусловленных заболеваний является одним из важнейших направлений исследований в гигиенической науке. Совершенствование системы оценок и контроля безопасности идет по пути разработки и применения методов, позволяющих объективно оценить потенциальную опасность исследуемых объектов, поэтому лабораторные исследования на адекватных биологических моделях являются одним из основных методологических приемов профилактической медицины [1–7].

**Цель работы** — оценка факторов среды обитания физической и химической природы для их гигиенической регламентации с использованием разработанных и валидированных тест-моделей.

Объектами исследования были полимерные, полимерсодержащие строительные материалы, смазочно-охлаждающие технологические составы, остаточные количества антимикробных препаратов в продовольственном сырье и пищевых продуктах, плазменные среды (холодная плазма).

**Материалы и методы.** Широкий диапазон использования полимерных и лакокрасочных материалов в строительстве ставит вопрос о воздействии их на микрофлору воздушной среды помещений. Миграция химических компонентов, в т.ч. сложного состава, может явиться потенциальным источником веществ, стимулирующих рост и развитие микроорганизмов, что может рассматриваться как нежелательный дополнительный фактор риска. Разработанная клеточная тест-модель количественной оценки влияния полимерных материалов на рост и развитие санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов и предложенные количественный показатель ее оценки  $K_1$  позволили провести модельные исследования, по результатам которых был сделан вывод, что изученные полимерные материалы разных групп не поддерживают рост тест-организмов, что является положительным прогностическим признаком для их гигиенической оценки [2].

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время проблема защиты смазочно-охлаждающих технологических составов от микробиологического поражения является актуальной и практически значимой проблемой, т. к. в результате этого процесса происходит изменение химического состава и заданных свойств смазочных материалов, что не только лимитирует

тирует срок их функционирования и обуславливает периодичность рециклизации или замены, но и может оказывать неблагоприятное воздействие на организм работников. Защита смазочно-охлаждающих технологических составов от биоповреждения представляет комплекс санитарно-гигиенических мер технологического, конструктивного и организационного характера, а также применение антимикробных присадок к смазочно-охлаждающим технологическим составам, обеспечивающих биологическую стойкость. На основе популяционной тест-модели были разработаны инструментальные экспресс-методы оценки биостойкости смазочно-охлаждающих технологических составов в отношении тест-штаммов грамположительных, грамотрицательных бактерий и дрожжеподобных грибов, которые характеризуются экспрессностью (время сокращается в 1,4–12 раз), экономичностью, высокой воспроизводимостью с одновременным исследованием большого количества образцов и тест-штаммов микроорганизмов. Экспресс-метод позволил количественно оценить биостойкость образцов смазочно-охлаждающих технологических составов на минеральной и синтетической основах, определяя ее как значительную и среднюю [3].

Техногенное загрязнение окружающей среды в настоящее время приобрело глобальное значение. Существующая система контроля состояния и безопасности объектов среды обитания, основанная на химико-аналитических методах оценки содержания приоритетных поллютантов, может привести к заведомой недооценке опасности, т. к. не учитывает биологические эффекты сочетанного действия токсичных веществ, присутствующих в малых количествах, а также токсичность их производных. С увеличением химической нагрузки может возрасти экологическая опасность почвы, что является одной из причин необходимости учета эпидемической значимости почвы населенных пунктов [4].

Разработанные тест-модели и методы оценки интегральной токсичности и оценки генотоксического потенциала использовали для оценки образцов почв гг. Новополюцка и Лепеля. Полученные данные наряду с результатами токсикологических, экологических и санитарно-химических исследований явились основанием для усовершенствования комплекса критериев опасности химических загрязнителей почвы, позволяющих аргументировано дифференцировать их на 4 класса опасности и проводить интегральную гигиеническую оценку почвы. Показано, что средний суммарный показатель загрязнения почв (Zс) г. Новополюцка составил 18,45, что соответствует умеренно опасному уровню загрязнения и, согласно литературным данным, может сопровождаться увеличением общей заболеваемости населения. Оценки прогностической значимости биомаркеров и биоиндикаторов на основе регрессионно-корреляционного анализа экспериментальных данных подтверждают адекватность популяционных тест-моделей и описывающих их математических моделей, которые могут быть использованы для прогноза содержания токсических контаминантов в почве. Это подтверждено сильными/высокими коэффициентами корреляции и коэффициентами детерминации  $R^2$ , близкими к функциональным, что позволяет проводить вероятностную аппроксимацию содержания токсических контаминантов в почве по выбранным биомаркерам и биоиндикаторам. Тест-модели позволяют также оценить наличие аддитивности/конкурентности различных токсикантов. Апробация популяционной тест-модели для образцов донных отложений и почв населенных мест подтвердила ее применимость для количественной оценки интегральной токсичности объектов среды обитания на примере донных отложений и образцов почв сельских территорий. Коэффициенты детерминации  $R^2$  составляли более 0,9, характеризую значительную долю дисперсии, и близки к функциональной связи между суммарным показателем загрязнения Zс и биоиндикаторами, что подтверждает адекватность выбранной популяционной тест-модели. В частности, чувствительность методов, составляющая 0,5 ПДК кадмия и 0,5 ПДК свинца для почвы, позволяет выявлять токсические воздействия на уровне требований Директивы ЕС 86/272/ЕЕС, а также предельно допустимой концентрации контаминантов в почве [4].

Выявлена выраженная мутагенная активность водных препаратов нитрофуранов, в частности, фуразолидона, нитрофуразона, при этом увеличение мутагенного эффекта зависело от их концентрации. Увеличение суммарной мутагенной активности водных растворов, содержащих остаточные количества нитрофуразона, после их обработки гипохлоритом натрия может быть связано с возможностью образования побочных продуктов при взаимодействии активного хлора с остаточными количествами дезинфицирующих препаратов [5].

Тенденция увеличения количества и спектра антибиотиков, применяемых в сельском хозяйстве, выявлена во многих странах с развитым сельским хозяйством. Актуальность проблемы интенсивного применения антибиотиков в животноводстве определяется тремя аспектами — общебиологическими, медицинскими и социально-экономическими, которые тесно связаны между собой. К медицинскому аспекту относят: снижение терапевтической эффективности лекарственных средств, увеличение длительности и тяжести протекания инфекционных заболеваний, необходимость повышения дозы препаратов, возможность возникновения суперинфекций у пациентов, повышение уровня алергизации антибиотиками и развитие алергических реакций, что особенно актуально в педиатрии. К общебиологическим аспектам относятся: глобальное нарастание в окружающей среде циркулирующих штаммов условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, в т. ч. обладающих антибиотикорезистентностью. Социально-экономический аспект связан со снижением эффективности биотехнологических процессов переработки животноводческих продуктов.

Определение остаточных количеств антибиотиков в пищевых продуктах представляет сложную аналитическую задачу, решению которой необходимо уделять пристальное внимание. В ходе развития концепции популяционных и клеточных тест-моделей нами были разработаны современные микробиологические экспресс-методики определения антибиотиков в пищевых продуктах с использованием тест-штамма *B. subtilis* BGA на основе импедиметрической детекции, отличающейся экспрессностью, высокой точностью и чувствительностью, что отвечает современным требованиям гигиенической регламентации. В пределах сохранения линейной зависимости времени детекции от концентрации антибиотиков относительная погрешность определения составила 6,3–8,2%. Проведена валидация разработанных методов определения остаточных количеств антимикробных препаратов по сравнению с внедренным в микробиологическую практику методом. Полученные коэффициенты  $r_1 = 0,992$  (диффузионная методика) и  $r_2 = 0,924$  (импедиметрическая методика) свидетельствуют о высокой степени корреляции предложенных методов с методикой сравнения [6].

На основе использования разработанных тест-моделей установлена зависимость эффективности обработки плазменными средами (низкотемпературная плазма) от вида тест-культур, времени обработки, вида носителя для тест-штаммов. Показано, что полученные результаты могут быть использованы как методическая основа количественной оценки динамики микробной популяции под воздействием факторов среды обитания, а также для создания экономичного и экологически безопасного лабораторного оборудования, что позволило усовершенствовать физические основы и инженерные принципы соз-

дания плазменных устройств и их использования в качестве современных нетрадиционных низкотемпературных методов контаминации (обеззараживания) микроорганизмов, создании экономичного, экологически безопасного и компактного лабораторного оборудования, использующего новые эффективные нетоксичные дезинфицирующие и стерилизующие агенты, оказывающие минимальное разрушающее действие на поверхность обрабатываемых изделий и материалов, широко используемых в медицине, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, фармакологии, парфюмерно-косметической промышленности, ветеринарии и т. д. [7].

**Закключение.** Разработанные клеточные, субпопуляционные и популяционные тест-модели оценки факторов среды обитания расширяют методический арсенал для оценки неблагоприятных воздействий, что в сочетании с анализом физико-химических свойств факторов среды позволяет провести оценку риска неблагоприятных воздействий и возможных экологических эффектов. Разработанные методики отличаются экспрессностью, высокой точностью и чувствительностью, что отвечает требованиям современным требованиям надлежащей лабораторной практики.

#### Литература

1. Дудчик, Н.В. Использование микроботестирования при оценке токсичности химических веществ в окружающей среде / Н.В. Дудчик // Гигиена и санитария. — 2009. — № 1. — С. 84–87.
2. Соболев, Ю.А. К вопросу о выживаемости санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов на поверхностях полимерных строительных материалов / Ю.А. Соболев, Н.В. Дудчик, В.В. Трейлиб // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.М. Соколов. — Минск: Друк-С, 2006. — Вып. 7. — С. 409–422.
3. Трейлиб, В.В. Оценка биостойкости смазочно-охлаждающих технологических составов с использованием импедансного метода / В.В. Трейлиб, Н.В. Дудчик, Л.В. Половинкин // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Л.В. Половинкин. — Минск: РНМБ, 2011. — Вып. 17. — С. 138–142.
4. Гигиенические критерии интегральной оценки опасности загрязнения почв населенных пунктов / А.И. Котеленец [и др.] // Воен. медицина. — 2008. — № 3 (8). — С. 79–86.
5. Оценка мутагенной активности водных сред, содержащих остаточные количества антибактериальных препаратов / Н.В. Дудчик [и др.] // Нац. ассоц. ученых (НАУ). — 2015. — Ч. 1, № 1 (6). — С. 145–149.
6. Дудчик, Н.В. Определение остаточных количеств пенициллина в молоке импедансным методом / Н.В. Дудчик, Л.А. Мельникова // Гигиена и санитария. — 2007. — № 1. — С. 82–83.
7. Бактерицидные компоненты в воздушной плазменной струе при постоянном и импульсно-периодическом токовых режимах / В.И. Архипенко [и др.] // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-мат. наук. — 2015. — № 3. — С. 104–110.

## ENVIRONMENTAL FACTORS HYGIENIC REGLAMENTATION BASED ON PROKARYOTIC TEST MODELS

*Dudchik N.V., Shevlyakov V.V., Yemelyanova O.A., Nezhvinskaya O.E.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

Valid prokaryotic test-models can be effectively used in sensitive methods to assess the biological effect of environmental factors. The principles, methodological approaches and requirements for the development of valid prokaryotic test models are developed, with highly sensitive, cost-effective for an objective assessment of the biological effect of chemical and physical environmental factors.

**Keywords:** population test-models, cell test-models, environmental factors, hygienic reglamentation.

Поступила 19.07.2016

## ОЦЕНКА МУТАГЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ПОЛИСТИРОЛА И СИЛИКОНА В ТЕСТЕ ЭЙМСА

*Емельянова О.А., Дудчик Н.В.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Оценен мутагенный потенциал вытяжек из пессариев акушерских из полистирола и силикона в физиологическом растворе в тесте Эймса без метаболической активации на чашках Петри и на микропланшетах. Установлено, что материалы, из которых изготовлены исследованные изделия медицинского назначения, не обладают генотоксичностью.

**Ключевые слова:** генотоксичность, краткосрочные тесты, тест-штампы, изделия медицинского назначения.

**Введение.** Оценка специфического биологического действия изделий медицинского назначения является важным этапом в комплексе токсиколого-гигиенических исследований по предотвращению риска здоровью населения [1]. Это позволяет убедиться, что используемые при изготовлении медицинских изделий материалы не представляют опасности для здоровья пациентов и персонала медицинских учреждений. Одним из первых этапов определения биологической безопасности медицинских изделий и их компонентов является выявление их генотоксичности — способности вызывать генные мутации, изменения хромосомной структуры или другие повреждения ДНК, в т. ч. передающиеся по наследству половыми клетками. Имеются научные данные, что вещества, вызывающие точечные мутации в онкогенах и генах опухолевой супрессии соматических клеток, являются потенциальными канцерогенами для человека и экспериментальных животных [2, 3]. Таким образом, своевременное выявление генотоксических свойств позволяет выявить субстанции и материалы, входящие в состав изделий медицинского назначения, которые могут при определенных условиях вызвать рак либо индуцировать первичную фазу канцерогенного процесса. Для снижения стоимости и ускорения работ по генетическому скринингу проводится изучение генотоксичности с помощью простых и быстровыполнимых методов с использованием микроорганизмов в качестве тест-объекта [4, 5].

Акушерский пессарий — это небольшое пластиковое или силиконовое медицинское изделие, которое вводится во влагалище для удержания матки в определенном положении. Акушерский пессарий применяется для профилактики преждевременных родов у беременных с истмико-цервикальной недостаточностью и для профилактики развития данной пато-

логии [6]. Поскольку pessaries устанавливается, начиная с 20-й недели беременности (а иногда и раньше), он находится в теле пациентки довольно длительное время. Следовательно, оценка генотоксического потенциала материалов, из которых изготовлено данное медицинское изделие, является важной задачей для сохранения здоровья женщины.

**Цель работы** — изучение генотоксического потенциала изделий медицинского назначения (пессариев акушерских разгружающих и pessaries силиконовых цервикальных) в тесте Эймса.

**Материалы и методы.** Объектом исследования служили образцы 2 типов акушерских pessaries: разгружающий pessary из полистирола и цервикальный pessary из силикона.

Для оценки генотоксичности исследуемых образцов pessaries использовали тест Эймса на агаризованных питательных средах, а также на микропланшетах из набора EBPI'sMuta-ChromoPlate. Исследование выполняли без метаболической активации.

Для приготовления вытяжек из исследуемых образцов в качестве экстрагирующих жидкостей использовали физиологический раствор при соотношении 0,2 г образца/мл. Время экспозиции составляло  $72 \pm 2$  ч, температура —  $37 \pm 1$ °C.

При проведении теста Эймса на чашках в качестве тестерных микроорганизмов были использованы штаммы *Salmonella typhimurium* TA 98, TA 100, TA 1535, TA 97 и TA 102, а при проведении теста на микропланшетах — штамм *Salmonella typhimurium* TA 100. Тест-штаммы культивировали 16–18 ч в триптон-соевом бульоне при температуре 37°C до плотности  $2-3 \times 10^8$  клеток/мл и  $1-3 \times 10^6$  клеток/мл.

Эксперимент сопровождали штамм-специфичными положительными контролями. В качестве отрицательного контроля выступал физиологический раствор.

**Постановка теста Эймса на чашках:** в пробирки с 2 мл полужидкого агара при 45–46°C вносили 0,1 мл вытяжки исследуемого образца, 0,1 мл суспензии бактерий и 0,5 мл стерильной дистиллированной воды, быстро перемешивали содержимое и выливали на слой нижнего селективного агара в чашки Петри. Продолжительность времени внесения инкубационной смеси и разлива полужидкого агара на чашки не превышала 10–15 с. Чашку оставляли при комнатной температуре на 30–40 мин и после полного застывания агара помещали в термостат на 37°C. Учет результатов проводили через 48 ч инкубации. Исследование проводили в трех параллелях. По истечении времени инкубирования учитывали результаты путем подсчета числа колоний ревертантов, выросших на опытных и контрольных чашках, вычисляли среднее значение и стандартное отклонение. Расчеты проводили с помощью программы MS Excel.

**Постановка теста Эймса на микропланшетах:** в стерильную пробирку вносили 2,5 мл реакционной смеси EBPI'sMuta-ChromoPlate (концентрированная среда Дэвиса–Мингиоли 5,5%, глюкоза 40%, бромкрезоловый пурпурный 2 мг/мл, D-биотин 0,1 мг/мл, L-гистидин 0,1 мг/мл), 5 мкл суспензии бактерий, 5 мл вытяжки исследуемого образца, а также 12,5 мл дистиллированной воды. Полученную смесь стерильной пипеткой переносили на 96-луночный микропланшет по 200 мкл в каждую ячейку. Микропланшеты инкубировали в термостате при 37°C в течение 72 ч. По истечении срока инкубирования подсчитывали число лунок-ревертантов.

**Результаты и их обсуждение.** Предварительные испытания не выявили бактериотоксического и бактериостатического действия вытяжек исследуемых образцов на тест-штаммы.

Результаты определения генотоксичности в тесте Эймса на чашках представлены в таблицах 1, 2. Количество ревертантов в чашках Петри с образцами учитывали только при наличии генотоксического эффекта в положительных контролях, что свидетельствовало о способности тест-штамма выявлять мутагенность химических веществ. Генотоксичность исследуемых образцов определяли по методическим указаниям [7]. Если среднее число колоний на опытных и контрольных чашках различалось в 2,5 раза и выше, делался вывод о наличии генотоксичности у исследуемого вещества в тестируемой концентрации ( $p < 0,05$ ). В противном случае отмечалось отсутствие мутагенного потенциала.

Таблица 1. — Результаты оценки генотоксичности вытяжек из образцов pessaries в тесте Эймса на штаммах *Salmonella typhimurium* TA 97, TA 98 и TA 102

Исследуемый образец	Количество ревертантов на чашку														
	TA 97					TA 98					TA 102				
	x <sup>1</sup>		x <sub>cp</sub> ±σ <sup>2</sup>		x <sub>cp</sub> S/ x <sub>cp</sub> N <sup>3</sup>	x <sup>1</sup>		x <sub>cp</sub> ±σ <sup>2</sup>		x <sub>cp</sub> S/ x <sub>cp</sub> N <sup>3</sup>	x <sup>1</sup>		x <sub>cp</sub> ±σ <sup>2</sup>		x <sub>cp</sub> S/ x <sub>cp</sub> N <sup>3</sup>
Пессарий из полистирола	77	86	84	82,3±4,7	0,93	36	33	30	33,0±3,0	1,07	116	129	139	128,0±11,5	0,97
Пессарий из силикона	76	86	83	81,7±5,1	0,93	28	28	33	29,7±2,9	0,97	123	140	119	127,3±11,2	0,96
2-нитрофлуорен 10 мкг/чашка	–	–	–	–	–	216	199	229	214,7±15,0	6,99	–	–	–	–	–
9-аминоакридин 50 мкг/чашка	444	368	406	406,0±38,0	4,60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Митомидин С 0,5 мкг/чашка	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	682	674	716	690,7±22,3	5,23
Отрицательный контроль физ. раствор	89	91	85	88,3±3,1	1,00	33	27	32	30,7±3,2	1,00	135	137	124	132,0±7,0	1,00
Примечания: 1 — x <sup>1</sup> — число ревертантов на чашку. 2 — x <sub>cp</sub> ±σ <sup>2</sup> — среднее значение и стандартное отклонение числа ревертантов на чашку. 3 — x <sub>cp</sub> S/x <sub>cp</sub> N <sup>3</sup> — отношение среднего значения числа ревертантов на чашку в исследуемом образце к среднему числу ревертантов на чашку в отрицательном контроле.															

Таблица 2. — Результаты оценки генотоксичности вытяжек из образцов пессариев в тесте Эймса на штаммах *Salmonella typhimurium TA 100* и *TA 1535*

Исследуемый образец	Количество ревертантов на чашку									
	<i>TA 100</i>					<i>TA 1535</i>				
	$x^1$		$x_{cp} \pm \sigma^2$	$x_{cpS}/x_{cpN}^3$	$x$			$x_{cp} \pm \sigma$	$x_{cpS}/x_{cpN}^3$	
Пессарий из полистирола	110	100	105	105,0±5,0	1,03	6	11	7	8,0±2,6	0,73
Пессарий из силикона	100	108	112	106,7±6,1	1,04	12	11	14	12,3±1,5	1,12
Азид натрия 5 мкг/чашка	518	545	526	529,7±13,9	5,18	226	238	200	221,3±19,4	20,12
Отрицательный контроль физ. раствор	108	103	96	102,3±6,0	1,00	9	12	12	11,0±,7	1,00

Примечания:  
 1 —  $x^1$  — число ревертантов на чашку.  
 2 —  $x_{cp} \pm \sigma^2$  — среднее значение и стандартное отклонение числа ревертантов на чашку.  
 3 —  $x_{cpS}/x_{cpN}^3$  — отношение среднего значения числа ревертантов на чашку в исследуемом образце к среднему числу ревертантов на чашку в отрицательном контроле.

Как видно из таблиц 1, 2, количество ревертантов в отрицательном контроле с физиологическим раствором в варианте теста Эймса без метаболической активации находилось в пределах колебаний спонтанного уровня для всех тест-штаммов. Ответ штаммов на стандартные мутагены, используемые в качестве положительных контролей (2-нитрофлуорен, 9-аминоакридин и митомицин С), был в пределах стандартного уровня. Баланс положительного и отрицательного контролей составил 4,60; 6,99; 5,23; 5,18 и 20,12 для *Salmonella typhimurium TA 97*, *TA 98*, *TA 102*, *TA 100* и *TA 1535* соответственно. Отношение числа ревертантов в вытяжках из пессария из полистирола и пессария из силикона по сравнению с отрицательным контролем для всех тест-штаммов было ниже 2,5, что свидетельствовало о том, что материалы исследуемых образцов не обладали генотоксическим действием в отношении тест-штаммов *Salmonella typhimurium TA 98*, *TA 100*, *TA 1535*, *TA 97* и *TA 102*.

Результаты теста Эймса на микропланшетах оценивали визуально согласно методике EBPI'sMuta-ChromoPlate. При наличии реверс-мутации у тест-штамма бактерий наблюдался возврат к прототрофности по гистидину и за счет изменения pH происходила смена окраски индикатора, содержащегося в жидкой питательной среде. Позитивными считали лунки микропланшета, в которых цвет индикаторной среды изменился с фиолетового на желтый, либо наблюдалось помутнение содержимого (это свидетельствовало о наличии реверс-мутации). Фиолетовые лунки учитывали как негативные. Отсутствие позитивных лунок с ревертантами по окончании инкубирования расценивали как наличие у анализируемого образца токсических свойств по отношению к тест-штамму. Результаты, полученные при исследовании вытяжек в физиологическом растворе образцов из пессариев в тесте Эймса на микропланшетах, представлены в таблице 3.

Таблица 3. — Результаты оценки генотоксичности вытяжек из образцов пессариев в тесте Эймса на микропланшетах на штамме *Salmonella typhimurium TA 100*

Контроль	Количество позитивных лунок на микропланшет	
	пессарий из полистирола	пессарий из силикона
	14	10
Положительный контроль азид натрия 110 мкл/микропланшет	96	
Отрицательный контроль физ. раствор	9	
Пороговое значение ( $p=0,05$ )	17	

Как видно из представленных данных, количество позитивных лунок в вытяжках из исследуемых образцов составило 14 и 10 для пессария из полистирола и пессария из силикона соответственно. Число спонтанных мутаций на микропланшете с отрицательным контролем составило 9 лунок. Для выявления статистически значимой разницы между числом позитивных лунок в отрицательном контроле и числом позитивных лунок на микропланшете с исследуемым образцом использовали таблицу пороговых значений, приведенную в методике EBPI'sMuta-ChromoPlate<sup>TM</sup>. Согласно ей, полученному в данном эксперименте количеству лунок в отрицательном контроле соответствовало пороговое значение 17. Поскольку ни в одном из исследуемых образцов количество позитивных лунок не превысило данное значение, вероятность того, что реверс-мутации в отрицательном контроле и в тестируемой вытяжке носили спонтанный характер, составила более 95%. Таким образом, можно сделать вывод, что анализируемые вытяжки не индуцировали точковые мутации типа замены пар оснований в геноме *Salmonella typhimurium TA 100* и, следовательно, не обладали мутагенным потенциалом.

**Закключение.** В тесте Эймса без метаболической активации установлено, что вытяжки из образцов акушерских пессариев из силикона и полистирола в физиологическом растворе не вызывали статистически достоверного увеличения числа колоний ревертантов по сравнению с отрицательным контролем ( $p>0,05$ ) в вариантах тестирования на чашках Петри и на микропланшетах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что материалы, используемые для изготовления исследованных медицинских изделий, не обладают генотоксическим действием в отношении тест-штаммов *Salmonella typhimurium TA 98*, *TA 100*, *TA 1535*, *TA 97* и *TA 102*.

#### Литература

1. ГОСТ ISO 10993-3-2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Исследование генотоксичности, канцерогенности и токсического действия на репродуктивную функцию. — Взамен ГОСТ ИСО 10993.3-2009. — Введ. 01.02.2015. — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. — 20 с.
2. Smith, M. The mechanism of benzene-induced leukemia: a hypothesis and speculations on the causes of leukemia / M. Smith // Environ. Health Perspect. — 1996. — Vol. 104, suppl. 6. — P. 1219–1225.
3. Correa, P. Human gastric carcinogenesis: a multistep and multifactorial process — first American Cancer Society award lecture on cancer epidemiology and prevention / P. Correa // Cancer Res. — 1992. — Vol. 52, № 24. — P. 6735–6740.
4. Абилов, С.К. Современное состояние использования краткосрочных тестов для выявления мутагенов и канцерогенов окружающей среды // Совр. проблемы биологии и медицины. — Иркутск, 2003. — Вып. 2. — С. 45–47.
5. Дудчик, Н.В. Возможности использования батареи краткосрочных тест-систем для определения генотоксичности веществ различной природы / Н.В. Дудчик, Т.Н. Головач, В.П. Курченко // Тр. Белорус. гос. ун-та. Физиологич., биохимич. и молекуляр. основы функционирования биосистем. — 2015. — Т. 10, ч. 1. — С. 398–405.
6. Проблемы преждевременных родов в современном акушерстве / Г.М. Савельева [и др.] // Практ. медицина. — 2010. — № 4. — С. 7–12.
7. Методические указания по методам первичного выявления генетической активности загрязнителей среды с помощью бактериальных тест-систем. — М.: ВИНТИ, 1985. — 34 с.

### ESTIMATION OF MEDICAL DEVICES MUTAGENIC POTENTIAL MADE OF POLYSTYRENE AND SILICONE IN THE AMES TEST

*Emeliyanova O.A., Dudchik N.V.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The mutagenic potential of extracts of obstetric polystyrene and silicon pessaries in physiological saline has been estimated using the Ames test without metabolic activation in Petri dishes and micro-plates. It was concluded that the raw materials of studied medical devices weren't genotoxic.

**Keywords:** genotoxicity, short-term tests, test strains, medical devices.

Поступила 19.07.2016

### ИССЛЕДОВАНИЯ БАКТЕРИЦИДНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТЕСТ-МОДЕЛИ

*Клебанов Р.Д., Нежвинская О.Е., Коноплянко В.А., Дудчик Н.В., Грузин А.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье приведены результаты и материалы исследования эффективности обеззараживания поверхностей. Показана зависимость обеззараживания от интенсивности УФ-потока, времени облучения, расстояния до источника, таксономической принадлежности микроорганизмов.

**Ключевые слова:** ультрафиолетовое облучение, обеззараживание поверхностей, эффективность.

**Введение.** Одной из проблем больничной гигиены и здравоохранения в целом является разработка эффективных методов и средств борьбы с инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи (далее — ИСМП). Указанные инфекции возникают вследствие инфицирования в период пребывания в организациях здравоохранения, при оказании врачебной медицинской помощи в иных условиях, проведении лечебно-диагностических процедур медицинским персоналом [1].

Среди комплекса средств борьбы с ИСМП важное место принадлежит физическим методам, и в частности ультрафиолетовому (далее — УФ) облучению, однако информации по аспектам его использования недостаточно, ряд вопросов его рационального (эффективного и безопасного) применения не решен [2]. Отсутствуют данные об уровнях УФ-потока для разных условий обеззараживания и используемого оборудования, в т. ч. экранированных бактерицидных облучателей (далее — БО). Необходимо изучение и совершенствование режимов работы, условий и методов применения бактерицидного оборудования в зависимости от длительности и дозы облучения, мощности и экспозиции УФ-потока, характеристик микрофлоры, особенностей обрабатываемых помещений, а также оценка риска и безопасности пациентов и медицинского персонала, учитывая опасность облучения при воздействии УФ-потока [1–3].

Бактерицидное действие УФ-потока наиболее выражено в интервале длин волн  $\lambda = 205\text{--}315$  нм с максимумом бактерицидной эффективности излучения в области 254–265 нм и ее снижением по мере увеличения длины волны [3, 4]. Бактерицидный спектр УФ-излучения имеет примерно одинаковый характер воздействия на разные типы бактерий, плесени и вирусов. Более чувствительны к воздействию УФ-облучению (далее — УФО) вирусы и бактерии в вегетативной форме (палочки, кокки), менее чувствительны грибы и простейшие микроорганизмы. Эффект УФО легче достигается в отношении дизентерийной палочки, стрептококка, брюшнотифозной палочки. Ближнюю к ним чувствительность имеют кишечная палочка, стафилококк, дифтерийная палочка, вирус гриппа и др., а туберкулезная и синегнойная палочки, споры бактерий и особенно грибов существенно более устойчивы к УФО, при этом процент пораженных бактерий не всегда строго пропорционален дозе облучения [5, 6]. Эффективность УФ-обработки помещения оценивается по степени снижения микробной обсемененности воздуха, поверхностей ограждений и оборудования под воздействием облучения или на основе оценки микробной обсемененности после облучения; косвенным методом контроля эффективности облучения является и измерения интенсивности бактерицидного потока в помещениях.

Около 0,01% от микробиологической популяции, согласно литературным данным, является устойчивым к воздействию УФО, но для определенных видов или штаммов микроорганизмов выживает до 10% популяции за счет фотореактивации, при этом сохранившие жизнеспособность микроорганизмы способны образовывать новые колонии с меньшей воспри-

имчивостью к облучению [3, 4, 6]. Доля выживающих после УФО микроорганизмов определяется их фенотипическими и генотипическими признаками, интенсивностью УФ-потока, временем и условиями облучения.

Высоким уровнем устойчивости к различным факторам среды характеризуются госпитальные штаммы микроорганизмов, имеющие большое значение в развитии инфекционной патологии в организациях здравоохранения (далее — ОЗ). Большинство ИСМП вызывается условно-патогенными микроорганизмами — *Staphylococcus aureus* (далее — *S. aureus*), *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli* (далее — *E. coli*) и др., характеризующимися устойчивостью к антибактериальным препаратам и дезинфицирующим средствам, а также к физическим факторам, в т. ч. УФО.

Важно отметить, что микробиота в помещениях ОЗ, сформированная из микроорганизмов различной таксономической принадлежности, имеет ряд особенностей, снижающих эффективность УФ-обеззараживания. В первую очередь, это способность образовывать биопленки — природные устойчивые сообщества микробов, которые прикреплены к поверхности или друг к другу, заключены в матрикс синтезированных ими внеклеточных полимеров, имеют измененный фенотип, проявляющийся иными параметрами роста и экспрессии специфичных генов, причем сами бактерии составляют 5–35% массы биопленки, остальное — это межбактериальный матрикс. Микроорганизмы в биопленках обладают повышенной выживаемостью в присутствии агрессивных веществ, антибиотиков, дезинфектантов, УФО: бактерии и грибы в биопленках выживают в присутствии антибиотиков в количествах до 1000 раз больших, чем их минимальная подавляющая концентрация *in vitro* [6, 7]. Элементы биопленки могут сформироваться в течение 2 ч инкубации, с максимальной интенсивностью — через 24 ч. Наиболее релевантной тест-моделью для оценки эффективности УФО является популяционная, которая позволяет выявить воздействие обеззараживания не на отдельные клетки, а на всю популяцию, состоящую как из одного штамма, так и нескольких разных по таксономической принадлежности [7].

**Цель работы** — оценка бактерицидного УФ-обеззараживания с использованием популяционной тест-модели для последующего обоснования эффективных и безопасных методов обеззараживания воздуха и поверхностей в ОЗ.

**Материалы и методы.** Гигиенические исследования, в т. ч. микробиологические, а также инструментальные измерения проведены на базе республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (далее — НППЦГ) и ГУ «Республиканский научно-практический центр психического здоровья» (далее — РНПЦ ПЗ). Объект исследования — показатели бактерицидной эффективности для некоторых видов микроорганизмов при применении УФ-обеззараживания.

Проведено экспериментальное исследование эффективности воздействия различных источников УФ на музейные штаммы микроорганизмов. Для количественной оценки УФ-воздействия на вегетативные клетки бактерий были использованы музейные штаммы грамположительных *S. aureus* ATCC 6538 и грамотрицательных *E. coli* ATCC 8739 микроорганизмов, помещенных на поверхность недифференцированного питательного агара в концентрации  $10^6$  клеток/чашку. Чашки подвергались ультрафиолетовому облучению на расстоянии 1,5; 2,25 и 3,0 м в течение 15; 30 и 45 мин соответственно. Основными техническими средствами, обеспечивающими обеззараживание УФ-излучением, явились в основном настенные облучатели ОБН-150, укомплектованные открытой и экранированной бактерицидными лампами. Используемые тест-штаммы микроорганизмов обладали типичными морфологическими, культуральными и физиолого-биохимическими признаками, а также выраженными ростовыми свойствами, характеризовались наличием неспецифических факторов устойчивости к воздействию факторов внешней среды. Путем последовательных десятикратных разведений готовилась бактериальная суспензия суточной культуры микроорганизмов, содержащая  $10^6$  бактериальных клеток/мл. Суспензия наносилась в количестве 100 мкл на поверхность чашек Петри, содержащих 15–20 мл недифференцированного мясопептонного агара, и равномерно распределялась по поверхности чашки с использованием шпателя Дригальского.

Бактериологическое исследование эффективности обеззараживания поверхностей проведено согласно Инструкции 4.2.10-22-1-2006 «Методы микробиологического контроля санитарно-гигиенического состояний помещений в организациях здравоохранения и стерильности изделий медицинского назначения» (МЗ РБ, 2006). Исследования выполнены по следующей схеме: вначале определяли условные точки для размещения чашек Петри с микроорганизмами с измерением расстояния до источника, затем включали облучатель на 1–2 мин для его разогрева и определяли параметры облученности в указанных выбранных точках до эксперимента. После открытия чашек проводили их облучение в течение выбранного времени с контаминированной тест-штаммами микробной средой. Одновременно проводили измерения параметров УФ-потока в соответствующих зонах облучения: при облучении чашек и после окончания эксперимента.

После облучения при заданных режимах и времени экспозиции чашки культивировались при температуре  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 24–48 ч. Подсчитывалось число выживших колоний микроорганизмов на всех чашках. В качестве контроля использовались чашки Петри, не подвергаемые УФО. В эксперименте определялась зависимость эффективности УФО от интенсивности источника, расстояния до него и длительности облучения, вида микроорганизмов и экспозиционных характеристик (дозы) облучения.

Всего проведено три серии экспериментальных исследований УФ-обеззараживания музейных штаммов *S. aureus* и *E. coli* с разным временем облучения и различной плотностью бактерицидного УФ потока; для оценки эффекта обеззараживания выполнено 24 измерения интенсивности потока УФО.

**Результаты и их обсуждение.** В первой серии экспериментов облучение чашек проводилось в помещении процедурного кабинета РНПЦ ПЗ; результаты исследований приведены в таблице 1.

При оценке эффективности обеззараживания поверхности установлено, что облучение в течение 15 мин на расстоянии до 3,0 м позволяет снизить концентрацию жизнеспособных клеток микроорганизмов на 99,9%, однако полной элиминации бактериальных клеток не достигается. Доза облучения составила в зависимости от расстояния от источника УФО при облучении в течение 15 мин от 99 до 369 Дж/м<sup>2</sup>, 30 мин — от 216 до 738 и 45 мин — от 270 до 1134 Дж/м<sup>2</sup>.

Отмечено, что облучение контаминированных суспензией микроорганизмов приводит к появлению во всех чашках Петри с одной стороны зоны экранирования диаметром 0,5–1,5 см в зависимости от расстояния от источника и угла падения УФ-лучей, на которых отмечается незначительное снижение количества жизнеспособных бактериальных клеток (рисунок).

Таблица 1. — Оценка эффективности обеззараживания поверхностей источником УФО с использованием музейных штаммов микроорганизмов

Условия облучения		Количество выживших клеток тест-штаммов, КОЕ/чашку		Эффективность обеззараживания, %		Доза облучения, Дж/м <sup>2</sup>	Параметры УФО, Вт/м <sup>2</sup>
время, мин	расстояние, м	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>		
15	1,5	3; 4	11; 5	более 99,9	более 99,9	369	0,41
15	2,25	5; 1	1; 0	более 99,9	более 99,9	198	0,22
15	3,0	31; 3	3; 0	более 99,9	более 99,9	99	0,11
30	1,5	2; 0	1; 0	более 99,9	более 99,9	738	0,41
30	2,25	2; 3	0; 2	более 99,9	более 99,9	396	0,22
30	3,0	4; 0	8; 0	более 99,9	более 99,9	216	0,12
45	1,5	3; 1	2; 0	более 99,9	более 99,9	1134	0,42
45	2,25	6; 3	3; 3	более 99,9	более 99,9	594	0,22
45	3,0	1; 1	2; 0	более 99,9	более 99,9	270	0,11
Контроль		10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	–	–	–	–

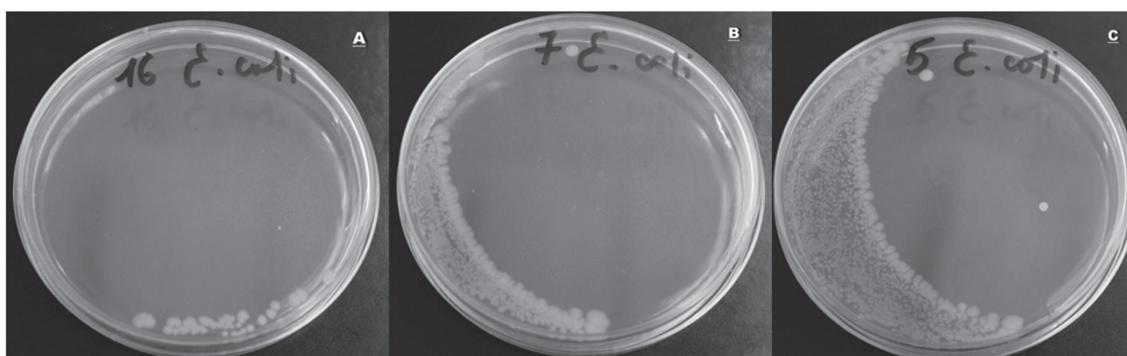


Рисунок — Зона экранирования УФ-облучения для чашек Петри, расположенных на расстоянии 1,5 (А), 2,25 (В) и 3,0 м (С) от облучателя

Во второй серии экспериментов проводилась оценка эффективности УФ-облучения на базе лаборатории микробиологии НППЦГ. Чашки облучали УФ с использованием облучателя ОБН-150 на расстоянии от источника 2,25 и 3,0 м в течение 15; 30 и 45 мин (таблица 2).

При оценке эффективности обеззараживания поверхности установлено, что облучение в течение 15 мин на расстоянии до 3,0 м позволяет снизить концентрацию жизнеспособных клеток микроорганизмов на 99,9%. Также выявлено наличие выраженной зоны экранирования на всех чашках, в которых отмечается незначительное снижение количества жизнеспособных бактериальных клеток.

Таблица 2. — Оценка эффективности обеззараживания поверхностей УФ-облучением с использованием музейных штаммов микроорганизмов

Условия облучения		Количество выживших клеток тест-штаммов, КОЕ/чашку		Эффективность обеззараживания, %		Доза облучения, Дж/м <sup>2</sup>	Параметры УФС потока, Вт/м <sup>2</sup>
время, мин	расстояние, м	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>		
15	2,25	0; 1	+	более 99,9	более 99,9	306	0,34
15	3,0	3; 12	+	более 99,9	более 99,9	198	0,22
30	2,25	7; 0	+	более 99,9	более 99,9	612	0,34
30	3,0	1; 0	+	более 99,9	более 99,9	396	0,22
45	2,25	1; 0	+	более 99,9	более 99,9	918	0,34
45	3,0	1; 1	+	более 99,9	более 99,9	594	0,22
Контроль		10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	+	–	–	–

В третьей серии экспериментов (на базе лаборатории микробиологии НППЦГ) чашки облучали УФ-поток с использованием двух облучателей ОБН-150, расположенных на равноудаленном расстоянии от облучаемых поверхностей, в течение 15; 30 и 45 мин. Дозы УФО составляли от 198 до 918 Дж/м<sup>2</sup> в зависимости от расстояния до источника (интенсивности УФИ) и времени облучения. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. — Оценка эффективности обеззараживания поверхностей двумя источниками УФ-облучения с использованием музейных штаммов микроорганизмов

Условия облучения		Количество выживших клеток тест-штаммов, КОЕ/чашку		Эффективность обеззараживания, %		Доза облучения, Дж/м <sup>2</sup>	Уровни УФ-С потока излучения, Вт/м <sup>2</sup>
время, мин	расстояние, м	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>		
15	2,25	0; 0	6; 16	более 99,9	более 99,9	324	0,36
30	2,25	0; 0	3; 0	более 99,9	более 99,9	630	0,35
45	2,25	0; 0	0; 0	более 99,9	более 99,9	972	0,36
Контроль	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	—	—	—	—	—

При оценке эффективности обеззараживания поверхности установлено, что облучение в течение 45 мин с использованием двух бактерицидных облучателей, расположенных на расстоянии 2,25 м от облучаемой поверхности, приводит к полной элиминации жизнеспособных вегетативных клеток музейных штаммов микроорганизмов, используемых в эксперименте, при этом величина дозы УФО составляла 324–972 Дж/м<sup>2</sup>. Снижение времени экспозиции выявило незначительные зоны экранирования, расположенные по периферии чашки, на которых росли единичные колонии целевых микроорганизмов.

В целом при оценке эффективности обеззараживания поверхности установлено, что облучение уже в течение 15 мин на расстоянии до 3,0 м позволяет снизить концентрацию жизнеспособных клеток микроорганизмов на 99,9%, при этом уровни УФО в условиях исследований составляли от 0,2 до 0,5 Вт/м<sup>2</sup> и доза — от 100 до 980 Дж/м<sup>2</sup>. Выявлены особенности эффекта обеззараживания на примере музейных штаммов, в частности, изменения числа выживших тест-штаммов с учетом времени облучения, расстояния до облучателя, параметров и экспозиции (дозы) УФ-облучения при исследованиях. Требуется дальнейшего изучения в условиях эксперимента установленный факт экранирования (затенения) облучаемых поверхностей, присутствующий как в условиях выполненного эксперимента, так и в реальных условиях обеззараживания поверхностей помещений ОЗ.

**Заключение.** Согласно выполненным исследованиям формирующиеся параметры облученности бактерицидного спектрального диапазона в основном достаточны для достижения необходимого обеззараживающего эффекта при облучении УФ-потокм бактерицидного диапазона. Важным представляется получение сведений по эффективности обеззараживания с результатами измерений интенсивности УФ-потока и его экспозиционной характеристики, дозы, учитывая, что сведения, посвященные определению эффективности УФО для различных видов микроорганизмов, недостаточно, а опубликованные данные имеют ориентировочный характер и не описывают условий, при которых они были получены, в частности, интенсивность УФ-потока, время и условия облучения, дозовые величины, особенности микрофлоры. При оценке эффективности обеззараживания установлено, что бактерицидный поток УФО уже в течение 15 мин на расстоянии от источника до 3,0 м позволяет снизить концентрацию жизнеспособных клеток микроорганизмов на 99,9%, при этом уровни облучения в условиях исследований составляли от 0,11 до 0,41 Вт/м<sup>2</sup>, а доза — от 98 до 324 Дж/м<sup>2</sup>. Отметим, что установленные уровни интенсивности УФО в десятки раз превышают гигиенические регламенты, и возможное нахождение в зоне облучения представляет опасность для здоровья персонала ОЗ и пациентов при нарушении правил охраны и гигиены труда. Выявлены некоторые особенности обеззараживания, в частности, изменения числа выживших тест-штаммов с учетом времени облучения, расстояния до источника (БО), параметров УФО, формирующегося в условиях исследований. Дальнейшего изучения, на наш взгляд, требует оценка установленного факта экранирования (затенения) облучаемых поверхностей, присутствующего как в выполненного эксперимента, так и в реальных условиях обеззараживания поверхностей помещений ОЗ.

#### Литература

1. Проблема внутрибольничных инфекций в Республике Беларусь: основные направления и перспективы борьбы и профилактики / Е.И. Гудкова [и др.] // Белорус. мед. журн. — 2005. — № 2. — С. 49–54.
2. Акимкин, В.Г. Современные аспекты борьбы с инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи населению / В.Г. Акимкин, А.Н. Тутельян // Мед. газета. — 2014. — № 20. — С. 8–9.
3. Сисин, Е.И. Технологии обеззараживания воздуха в медицинских учреждениях / Е.И. Сисин // Санэпидконтроль. Охрана труда. — 2016. — № 2. — С. 2–14.
4. Несвижская, И.И. Дезинфекционные технологии для обеззараживания воздуха в лечебно-профилактических учреждениях / И.И. Несвижская, Ю.И. Налапко, Е.В. Морозова // Укр. журн. экстрем. медицины им. Г.О. Можаяева. — 2011. — Т. 12, № 3. — С. 19–22.
5. Дудчик, Н.В. Воздействие газоразрядной плазмы атмосферного давления на консорциум микроорганизмов / Н.В. Дудчик, О.Е. Нежвинская, С.А. Янецкая // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 1, вып. 25. — С. 26–28.
6. Пронина, Е.А. Формирование бактериальных биопленок под воздействием электромагнитного излучения / Е.А. Пронина, И.Г. Швиденко, Г.М. Шуб // Фундаментал. исследования. — 2010. — № 10. — С. 40–45.
7. Дудчик, Н.В. Научное обоснование и разработка методологии биологических тест-моделей для экспериментального использования в медицинской экологии человека и гигиене окружающей среды / Н.В. Дудчик // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 1, вып. 25. — С. 29–32.

#### GERMICIDAL EFFICIENCY RESEARCH OF ULTRAVIOLET IRRADIATION ON THE POPULATION TEST MODEL

*Klebanov R.D., Nezhvinskaya O.E., Konoplyanko V.A., Dudchik N.V., Hruzin A.A.  
Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The research results and study materials of efficiency of surfaces disinfection have been performed in the article. The disinfection dependence on the intensity of the UV flow, exposure time, distance to the source, taxonomic characteristic of microorganisms has been demonstrated.

**Keywords:** ultraviolet irradiation, surface decontamination, efficiency.

Поступила 19.07.2016

## ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ И ПЕРСОНАЛА ОТ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В 2015 г.

*Корчик Т.В., Гиндюк В.В.*

*Государственное учреждение «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», Брест, Республика Беларусь*

**Реферат.** Проанализированы дозы облучения пациентов и персонала при использовании медицинских источников ионизирующего излучения в 2015 г. в 83 медицинских учреждениях Брестской области. Установлено, что основной вклад (99,8%) в дозу облучения пациентов внесли рентгенодиагностические исследования, которые не превышают диагностические референтные уровни типичного взрослого пациента. Индивидуальные годовые эффективные дозы облучения персонала не превышали установленные пределы доз облучения, что говорит об эффективности принимаемых мер по обеспечению радиационной защиты.

**Ключевые слова:** медицинские источники ионизирующего излучения (далее — ИИИ), планируемое облучение, рентгенологические, радионуклидные исследования, эффективные и коллективные дозы облучения, пациенты, персонал.

**Введение.** В целях обеспечения радиационной безопасности нормативными требованиями установлены пределы доз облучения персонала и референтные диагностические уровни пациентов [1].

Контроль индивидуальных доз облучения персонала проводится на всех радиационных объектах, в т. ч. медицинских, где осуществляется ежегодная оценка полученных результатов, а также оценка доз облучения пациентов при проведении медицинских диагностических процедур. Анализ и оценка доз облучения персонала и пациентов позволяет судить об эффективности защитных мероприятий, а также при необходимости разрабатывать предложения по дальнейшей оптимизации радиационной защиты и необходимых мероприятий по снижению доз облучения.

**Цель работы** — оценка доз облучения пациентов, персонала, полученных в ходе диагностических исследований, оценка эффективности мероприятий по радиационной защите пациентов и персонала в медицинских учреждениях Брестской области.

**Материалы и методы.** Проведена оценка количества диагностических исследований, коллективных и средних годовых эффективных доз облучения пациентов и персонала в Брестской области в 2015 г. на основе ежегодных статистических данных, полученных при предоставлении ведомственных отчетных форм Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 23 «Сведения о рентгенологических, радионуклидных исследованиях, лучевой терапии и дозах облучения пациентов, полученных при проведении медицинских процедур» и отчетных форм № 1-ДОЗ «Отчет о дозах облучения персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения».

**Результаты и их обсуждение.** В Брестской области, как и в целом по республике, в связи с оснащением учреждений здравоохранения новым рентгеновским и иным оборудованием отмечается увеличение числа рентгенологических процедур, количества сложных исследований (рентгеновская компьютерная томография, линейная томография и др.) [3, 4]. В 2015 г. по сравнению с 2014 г. на 12,1% увеличилось количество облученных пациентов, на 16,3% — количество исследований, на 8,2% — коллективная доза облучения пациентов. В соответствии с действующим законодательством пользователи ИИИ обязаны обеспечить соблюдение требований по радиационной безопасности как для персонала, так и для пациентов [1, 2].

В Брестской области в 2015 г. при проведении диагностических процедур с использованием различных ИИИ в медицинских целях облучено 1952279 человек, в т. ч. детей до 18 лет — 153537 (7,9%), взрослых (18 лет и старше) — 1798742 (92,1%). Проведено 2333471 исследование, из них рентгенологические исследования составили 2329463 (99,8%), радионуклидные — 4008 (0,2%).

С использованием рентгенодиагностического оборудования исследования проведены у 1948271 пациента (в возрасте до 18 лет — 153481 ребенок, в возрасте 18 лет и старше — 1794790 взрослых). Рентгенографические исследования выполнены у 1948271 (52,9%) пациента, флюорографические — у 867931 (44,5%), рентгеноскопические — у 13983 (0,72%). С использованием рентгеновской компьютерной томографии исследования выполнены у 29492 (1,5%) пациентов, линейной томографии — у 6643 (0,34%) пациентов.

Среднее количество исследований (в расчете на 1 человека) составило 1,2 (в возрасте до 18 лет — 1,35, в возрасте 18 лет и старше — 1,18).

Средняя эффективная доза на одного обследованного человека составила 0,36 мЗв, в т. ч. у взрослых — 0,37 мЗв, у детей до 18 лет — 0,2 мЗв.

В среднем за одно рентгенодиагностическое исследование доза облучения составила 0,3 мЗв, в т. ч. органов грудной полости — 0,16 мЗв, органов брюшной полости — 3,0 мЗв, костно-суставной системы — 0,32 мЗв, органов мочеполовой системы — 0,82 мЗв, молочной железы — 0,1 мЗв, черепа и лицевых костей — 0,23 мЗв, сердечно-сосудистой системы — 2,14 мЗв.

Наибольшие дозы облучения пациенты получили при проведении рентгеновской компьютерной томографии, линейной томографии и рентгеноскопии. В расчете за одно исследование доза облучения органов брюшной полости при рентгенокомпьютерной томографии составила 6,9 мЗв, органов грудной полости — 5,2 мЗв; при линейной томографии органов грудной полости — 3,5 мЗв; при рентгеноскопии кишечника — 4,6 мЗв, пищевода, желудка — 4,1 мЗв.

В структуре исследований наибольшее количество составили исследования органов грудной полости — 55,8%, костно-суставной системы — 20,9%, кости черепа и лицевые кости — 16,5%.

Коллективная доза облучения населения от медицинских ИИИ составила 696,2 чел.-Зв/год, в т. ч. при рентгенологических исследованиях — 693,1 чел.-Зв/год (99,6%), при радионуклидных исследованиях — 3,1 чел.-Зв/год (0,4%). По возрастным группам коллективная доза облучения детей до 18 лет составила 31,5 чел.-Зв/год, взрослых — 661,5 чел.-Зв/год.

Наибольшие коллективные дозы облучения отмечались при исследованиях костно-суставной системы — 29,9% (207,2 чел.-Зв/год), органов грудной полости — 26,8% (185,6 чел.-Зв/год), органов брюшной полости — 17,6% (121,9 чел.-Зв/год), черепа и лицевых костей — 11,6% (80,6 чел.-Зв/год).

При исследованиях органов грудной полости коллективные дозы облучения пациентов при линейной томографии составили 48,3 чел.-Зв/год, рентгено-компьютерной томографии — 47,4 чел.-Зв/год, рентгенографии — 39,8 чел.-Зв/год, флюорографии — 39,1 чел.-Зв/год.

Наиболее высокие коллективные дозы облучения пациентов отмечались в крупных медицинских учреждениях области: УЗ «Брестская областная больница» (103,3 чел.-Зв/год), УЗ «Брестская городская больница № 1» (35,8 чел.-Зв/год), УЗ «Лунинецкая ЦРБ» (33,5 чел.-Зв/год), УЗ «Пинская центральная больница» (32,4 чел.-Зв/год), УЗ «Брестский областной противотуберкулезный диспансер» (28,3 чел.-Зв/год), УЗ «Кобринская ЦРБ» (27,3 чел.-Зв/год), филиал «Барановичский онкологический диспансер» УЗ «Барановичская центральная поликлиника» (25,2 чел.-Зв/год), УЗ «Столинская ЦРБ» (23,7 чел.-Зв/год), УЗ «Брестский областной онкологический диспансер» (21,1 чел.-Зв/год), филиал «Пинский онкологический диспансер» УЗ «Пинская центральная поликлиника» (19,9 чел.-Зв/год).

В 2015 г. в Брестской области увеличилась на 7% коллективная доза облучения персонала в сравнении с 2014 г., что обусловлено увеличением числа диагностических процедур с использованием ИИИ, увеличением сложных рентгеновских исследований, улучшением качества регистрации индивидуальных доз персонала. Средняя годовая эффективная доза на одного сотрудника увеличилась на 5,2%.

В медицинских учреждениях работало 939 человек, из них 387 рентгенлаборантов, 287 врачей, в т. ч. 210 врачей-рентгенологов, 18 радиационных онкологов, 5 врачей-радиологов, врачи других специальностей, 26 инженеров, 42 медсестры, 188 санитарок и др.

За анализируемый период индивидуальные годовые эффективные дозы облучения персонала не превысили установленные пределы. При этом максимальная годовая эффективная доза облучения составила 4,34 мЗв, средняя годовая эффективная доза облучения — 1,41 мЗв.

Средние годовые эффективные дозы облучения персонала можно разделить следующим образом (по убыванию): врачи-радиологи — 2,14 мЗв (максимальная — 2,99 мЗв), инженеры — 1,95 мЗв (максимальная — 4,34 мЗв), медсестры — 1,63 мЗв (максимальная — 4,03 мЗв), радиационные онкологи — 1,52 мЗв (максимальная — 3,28 мЗв), санитарки — 1,5 мЗв (максимальная — 4,06 мЗв), рентгенлаборанты — 1,33 мЗв (максимальная — 4,17 мЗв), врачи-рентгенологи — 1,29 мЗв (максимальная — 3,62 мЗв), врачи-специалисты — 1,22 мЗв (максимальная — 3,26 мЗв), техники — 1,16 мЗв (максимальная — 1,84 мЗв). Суммарная коллективная доза облучения составила 1,33 чел.-Зв/год.

**Заключение.** В Брестской области отмечается высокий уровень охвата населения различными видами медицинских процедур с использованием ИИИ, ежегодно увеличивается количество сложных рентгенодиагностических исследований. В 2015 г. основной вклад в дозу облучения пациентов внесли рентгенодиагностические исследования (99,8%). Наибольшие дозы облучения пациенты получили (из расчета на одного пациента) при проведении рентгеновской компьютерной томографии органов брюшной полости — 10,2 мЗв, органов грудной полости — 6,1 мЗв; линейной томографии органов грудной полости — 7,3 мЗв; при рентгеноскопии кишечника — 5,7 мЗв, рентгеноскопии пищевода, желудка — 7,2 мЗв. В то же время указанные дозы облучения не превышают диагностические референтные уровни типичного взрослого пациента.

В медицинских учреждениях индивидуальные годовые эффективные дозы облучения персонала не превысили установленные пределы, средняя годовая эффективная доза облучения персонала составила 1,41 мЗв (максимальная — 4,34 мЗв), что говорит об эффективности принимаемых мер по обеспечению радиационной защиты.

Полученные результаты используются для оценки доз облучения в медучреждениях различной формы собственности, при проведении контрольно-надзорных мероприятий, подготовке материалов для заслушивания актуальных вопросов по соблюдению требований радиационной безопасности в местных органах власти, на медицинских советах территориальных учреждений здравоохранения.

#### Литература

1. Требования к радиационной безопасности: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь, 28 дек. 2012 г. № 213 // Радиационная гигиена: сб. норматив. док. / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, Респ. науч.-практ. центр гигиены. — Минск, 2013. — С. 12, 23–25.
2. Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь, 31 дек. 2013 № 137 // Радиационная гигиена: сб. норматив. док. / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, Респ. науч.-практ. центр гигиены. — Минск, 2014. — С. 11–12, 34–39.
3. Федорущенко, Л.С. О дозах облучения пациентов, полученных при проведении медицинских процедур в Республике Беларусь в 2014 году / Л.С. Федорущенко // Современные проблемы радиационной медицины: от науки к практике: материалы междунар. науч.-практ. конф. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр рад. медицины и экологии человека; гл. редактор А.В. Рожко. — Гомель, 2016. — С. 70–71.
4. Бортновский, В.Н. Состояние и пути совершенствования организации радиационной безопасности в учреждениях здравоохранения / В.Н. Бортновский, А.А. Лабуда // Современные проблемы радиационной медицины: от науки к практике: материалы междунар. науч.-практ. конф. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр рад. медицины и экологии человека; гл. ред. А.В. Рожко. — Гомель, 2015. — С. 32–35.

## PATIENTS AND STAFF EXPOSURE DOSES FROM SOURCES OF IONIZING RADIATION DURING MEDICAL DIAGNOSTIC PROCEDURES IN THE BREST REGION IN 2015 YEAR

*Korchyk T.W., Hindziuk V.V.*

*State Institution "Brest Regional Centre of Hygiene, Epidemiology & Public Health", Brest, Republic of Belarus*

The analysis of patients and staff exposure doses obtained during the medical sources of ionizing radiation use in 83 medical establishments of the Brest region in 2015 year has been carried out. It was proved that X-ray examinations made the main contribution (99.8%) to patients exposure dose, they don't exceed diagnostic benchmark levels of a typical adult patient. Individual

annual effective exposure doses of staff did not exceed the established limits of radiation doses, this fact proved the effectiveness of radiation protection measures.

**Keywords:** medical sources of ionizing radiation, radiological and radionuclide studies, effective and collective exposure doses, patients, staff.

Поступила 19.07.2016

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ПРАКТИКЕ НАДЗОРА ЗА КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

*Крупская Д.А., Урбан Ю.Е., Кондрескул И.В., Амвросьев П.А.*

*Государственное учреждение «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Проанализированы основные показатели, характеризующие выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Дана гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Минска по результатам лабораторных исследований. В рамках реализации основных положений градостроительного развития г. Минска проанализирована производственная структура предприятий с обоснованием сокращения размеров санитарно-защитных зон для обеспечения регламентов Генерального плана г. Минска. В ходе работы оценен потенциальный риск здоровью, связанный с химическим загрязнением атмосферного воздуха примесями, обладающими пороговым (неканцерогенным) и беспороговым (канцерогенным) механизмом воздействия.

**Ключевые слова:** генеральный план г. Минска, гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха, потенциальный риск здоровью, мероприятия по снижению выбросов, мониторинг качества атмосферного воздуха.

**Введение.** В целях модернизации промышленного комплекса г. Минска, снижения негативного влияния загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов автотранспорта, и создания благоприятной среды жизнедеятельности в городе реализуется Генеральный план [1], предусматривающий разработку и выполнение предприятиями мероприятий, направленных на снижение техногенного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

**Цель работы** — оценка качества атмосферного воздуха г. Минска и влияния загрязняющих веществ на здоровье населения в рамках реализации регламентов Генерального плана.

**Материалы и методы.** Накопление, обработка и анализ информации о прогнозируемых уровнях максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на основании расчета рассеивания выбросов, представленные в составе проектов санитарно-защитных зон. Оценка риска здоровью населения от воздействия химических веществ. Гигиеническая оценка результатов аналитического контроля качества атмосферного воздуха.

**Результаты и их обсуждение.** В г. Минске площадь санитарно-защитных зон без учета площади предприятий занимает около 14% территорий. Для приведения экологических параметров предприятий в соответствие с регламентами Генерального плана г. Минска, требуется экологическая модернизация более 200 промышленных предприятий, что должно позволить сократить площадь санитарно-защитных зон и освободить территории под освоение в интересах города.

В рамках реализации основных положений градостроительного развития г. Минска, определенных Генеральным планом, для получения количественных характеристик потенциальной угрозы здоровью от воздействия вредных факторов окружающей среды применяется методология оценки риска здоровью населения.

Выполненные работы по оценке риска позволяют определить фактические размеры санитарно-защитных зон предприятий, оценить возможность корректировки границ базовых санитарно-защитных зон, выделить приоритетные источники загрязнения атмосферного воздуха, в отношении которых в первую очередь, необходима разработка мероприятий.

По результатам оценки риска для обеспечения проектных решений по сокращению санитарно-защитных зон более 50% организаций и предприятий города была заявлена реализация мероприятий по снижению выбросов и акустического влияния на прилегающие территории и регламенты работы технологического оборудования, что предполагает снижение выбросов промышленных предприятий.

Основными мероприятиями, направленными на сокращение выбросов загрязняющих веществ, реализуемых на предприятиях города, явились:

- модернизация технологического процесса;
- внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов;
- реализация мероприятий по повышению эффективности действующих газоочистных и пылеулавливающих установок;
- установка новых газоочистных и пылеулавливающих устройств;
- изменение вида сырья, топлива, применяемого в производстве, обеспечивающие снижение загрязнения атмосферного воздуха.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [2], объем выбросов в целом по городу в 2015 г. составил 146,4 тыс. тонн, что более чем на 19% ниже выброса 2014 г.

Объем валового выброса от стационарных источников в 2015 г. составил 20,3 тыс. тонн (рисунок 1).

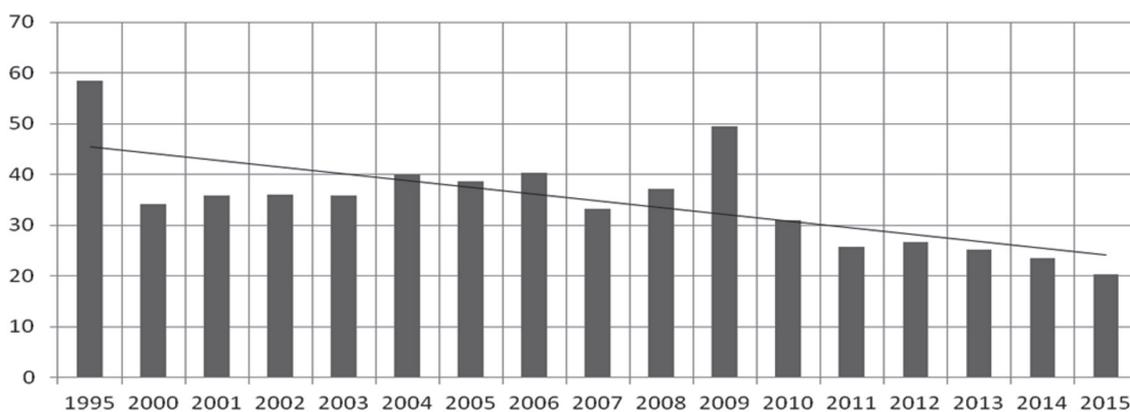


Рисунок 1. — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по г. Минску, тыс. тонн

Техногенная нагрузка на население, выраженная количеством выбрасываемых промышленными предприятиями загрязняющих веществ в расчете на одного жителя г. Минска, составляет 10 кг, что по сравнению с 2014 г. ниже на 17%.

Для подтверждения расчетных размеров санитарно-защитных зон предприятий проводится мониторинг качества атмосферного воздуха в зонах влияния предприятий. При этом результаты оценки риска играют важную роль при определении приоритетных факторов для мониторинга, выборе точек, периодичности и показателей для контроля экспозиции, обосновании выбора индикаторных показателей [3, 4].

Предприятиями города проводится контроль качества атмосферного воздуха в зонах влияния выбросов, в т. ч. в рамках подтверждения расчетных размеров санитарно-защитных зон предприятий. Перечень контролируемых ингредиентов установлен в соответствии со спецификой производственных процессов. Удельный вес проб с превышениями составил в 2015 г. 0,09%, что значительно ниже показателей за предыдущие годы.

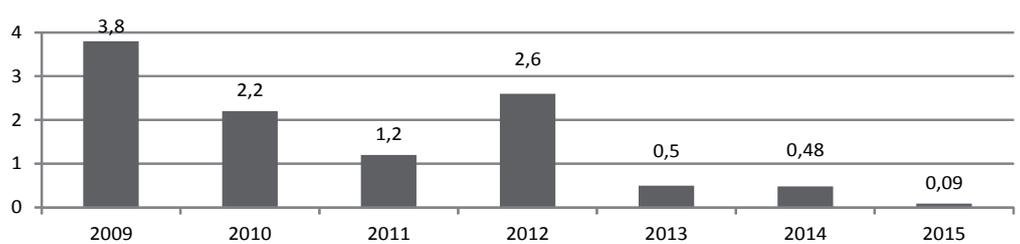


Рисунок 2. — Удельный вес проб с превышениями максимальных разовых предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ за 2009–2015 гг.

Однако ряд положительных тенденций в промышленности перекрывает влияние загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов автотранспорта. Так, в 2015 г. в атмосферу г. Минска было выброшено 146,4 тыс. тонн загрязняющих веществ, большинство из которых приходится на передвижные источники — 126,1 тыс. тонн, что составляет 86,1% от общего выброса (рисунок 3).

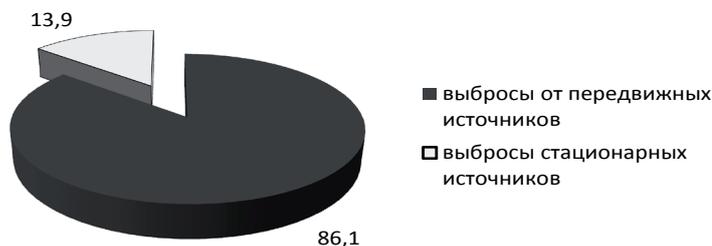


Рисунок 3. — Структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и передвижных источников выбросов, %

В ходе эпизодического контроля за качеством атмосферного воздуха санэпидслужбой г. Минска в 2015 г. отобрано и исследовано более 9 тыс. проб на территории жилой застройки, более 1100 проб — в парках и зеленых зонах [5]. Доля проб с концентрациями загрязняющих веществ выше максимальных разовых ПДК на примагистральных территориях не превысила 4,9%. В среднем по городу вероятность развития острых рефлекторных реакций, обусловленных воздействием загрязняющих веществ, характеризуется приемлемым уровнем.

Сохраняется стабильно низким содержание в атмосферном воздухе диоксида серы, бензола, 1,3-бутадиена, ксилола, твердых частиц. Отмечается тенденция к снижению содержания в атмосферном воздухе углерода оксида. Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха в г. Минске соответствует допустимой степени загрязнения атмосферы.

Характерной особенностью загрязнения воздуха в г. Минске остается повышенный уровень концентрации формальдегида. Величина индивидуального канцерогенного риска здоровью находится на уровне  $10^{-5}$  и оценивается как допустимая.

**Заключение.** Таким образом, проведенная работа по оценке риска здоровью населения г. Минска позволила сделать ряд выводов:

- продолжается тенденция уменьшения объема валовых выбросов в атмосферу от стационарных источников, в т. ч. за счет мероприятий, реализуемых предприятиями города, что подтверждает необходимость дальнейшего гигиенического сопровождения реализации регламентов Генерального плана г. Минска;

- сохраняется актуальность градостроительных мероприятий по снижению негативного воздействия выбросов автотранспорта.

#### Литература

1. Генеральный план города Минска. Основные положения градостроительного развития города Минска. — Минск, 2015. — 50 с.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Минск, 2016. — 254 с.
3. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М. Федер. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
4. Инструкция 2.1.6.11-9-29-2004. Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 05.07.2004 № 63. — Минск, 2004. — 75 с.
5. Здоровье и окружающая среда г. Минска в 2015 году / Мин. гор. центр гигиены и эпидемиологии. — Минск, 2015.

## USE OF HEALTH RISK ASSESSMENT IN PRACTICE OF SANITARY SURVEILLANCE OVER AMBIENT AIR QUALITY

*Krupskaya D.A., Urban U.E., Kondreskul I.V., Amvrosiev P.A.*

*State Institution "Minsk City Center of Hygiene & Epidemiology", Minsk, Republic of Belarus*

The main indicators of emissions of polluting substances in ambient air have been analyzed. The hygienic assessment of ambient air quality in Minsk has been presented by the results of laboratory studies. In the framework of the implementation of main provisions of the urban development of Minsk, the production structure of enterprises with a justification of a size reduction of sanitary-protection zones has been analyzed to ensure the regulations of the General layout of Minsk. During the work the potential health risk has been evaluated concerned with chemical pollution of ambient air by impurities with the threshold (non-carcinogenic) and non-threshold (carcinogenic) mechanism of action.

**Keywords:** General plan of Minsk, hygienic assessment of ambient air quality, potential health risk, emissions reduction measures, monitoring of ambient air quality.

Поступила 19.07.2016

## УРОВНИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Липницкий Л.В., Нечай С.В., Кирдун Е.В.*

*Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»,  
Могилев, Республика Беларусь*

**Реферат.** Дана оценка уровней радиоактивного загрязнения молока, других продуктов питания в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС и влияния принимаемых защитных мер на снижение радионуклидов в пищевых продуктах, производимых в частных домовладениях и общественном секторе. В начальный период аварии принятые защитные меры позволили снизить уровни радиоактивного загрязнения молока, особенно в общественном секторе, однако масштабность загрязнения территорий, отсутствие опыта не позволили достичь установленного норматива содержания цезия-137 (370 Бк/л) в личных подсобных хозяйствах. В последующем наибольшая эффективность мероприятий в сельском хозяйстве по снижению уровней радиоактивного загрязнения молока и мяса в частных домохозяйствах была после разработки и реализации государственных и союзных программ по минимизации последствий аварии на ЧАЭС. В результате целенаправленных постоянных защитных мероприятий в сельском хозяйстве был достигнут более жесткий норматив содержания цезия-137 в молоке — 100 Бк/л. В настоящее время в населенных пунктах области пробы молока и других продуктах питания выше допустимого уровня, за исключением пищевой продукции леса, не регистрируются.

**Ключевые слова:** продукты питания, удельная активность цезия-137, молоко личных подсобных хозяйств.

**Введение.** В различные периоды после аварии на ЧАЭС уровни радиоактивного загрязнения продуктов питания определялись состоянием радиационной обстановки и эффективностью мероприятий в сельском хозяйстве, направленных на снижение радионуклидов в пищевом сырье и продуктах питания. Первые нормативы для некоторых видов продуктов питания были введены 6 мая 1986 г. Норматив для йода-131 был предусмотрен из расчета поглощенной дозы 0,3 Гр на щитовидную железу. Условие соблюдалось при допустимых уровнях йода-131 в молоке 3700 Бк/л [2].

Исходя из снижения радиоактивности, обусловленной йод-131, и усиления действия долгоживущих радионуклидов, 30 мая 1986 г. были утверждены «Временные допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в продуктах питания, питьевой воде, лекарственных травах (суммарная бета-активность) (ВДУ-86)», в которых устанавливались нормы практически на всю номенклатуру продуктов питания, реализуемых населению.

С этого времени нормирование продуктов питания осуществлялось по суммарному содержанию цезия-134 и цезия-137. Для молока, хлеба был установлен допустимый уровень содержания радионуклидов цезия-134, цезия-137 — 370 Бк/л, для мяса, рыбы, картофеля — 3700 Бк/кг. На первый год после аварии был установлен предел облучения населе-

ния 100 мЗв (50 мЗв от внешнего облучения и 50 мЗв от внутреннего). В среднем для наиболее радиоактивно загрязненных населенных пунктов области доза внутреннего облучения населения составила 10 мЗв. Вклад в суммарную дозу от внутреннего облучения составил 10–30% [1].

К концу 1987 г. уровень мощности дозы гамма-излучения снизился более чем в 10 раз. В это время даже максимальные значения радионуклидов в картофеле, овощах и фруктах, хлебопродуктах стали в 4–10 раз ниже ВДУ-86.

Суммарное облучение на 1987 г. не должно было превышать 30 мЗв, на 1988 г. — 25 мЗв. В декабре 1987 г. (ВДУ-88) нормы по содержанию радионуклидов для большинства продуктов были снижены в 2–20 раз (для молока и молочных продуктов был установлен единый норматив цезия -134, -137 — 370 Бк/л, для мяса, рыбы — 1850 Бк/кг, для картофеля, овощей — 740 Бк/кг), что обеспечивало не превышение внутреннего облучения населения 8 мЗв/год.

По данным обследований содержания радионуклида цезия-137 на счетчиках излучения человека за 1987–1988 гг. средняя доза внутреннего облучения населения составила 2,1 мЗв, доза более 7 мЗв была установлена у 1%, более 3,5 мЗв — у 4% населения.

В период восстановительного этапа аварии на ЧАЭС в 1990 г. в Беларуси были разработаны РКУ-90, которые действовали до 1992 г. и учитывали конкретные послеаварийные условия. Доза внутреннего облучения в критической группе от поступления радионуклидов с продуктами питания не должна была превышать 1,7 мЗв/год. Следствием введения более жестких нормативов для молока (допустимый уровень содержания радионуклидов цезия-137 составил 185 Бк/л) явилась переработка руководств по ведению сельского хозяйства. С 1992 по 1999 гг. проведено существенное ужесточение нормативов в основных продуктах питания, РДУ-92, РДУ-96, РДУ-99 были рассчитаны на дозу 1 мЗв/год. Допустимый уровень в РДУ-92 для молока был снижен до 111 Бк/л, в последующих РДУ — до 100 Бк/л, что обеспечило дальнейшее снижение доз внутреннего облучения населения [4].

**Цель работы** — анализ уровней радиоактивного загрязнения продуктов питания в области за 30-летний период после аварии на ЧАЭС, сравнение эффективности мероприятий по снижению уровней радиоактивного загрязнения пищевой продукции, производимой в личных подсобных хозяйствах в различные периоды после аварии.

**Материалы и методы.** В работе использованы результаты радиационного контроля продуктов питания, проводимого центрами гигиены и эпидемиологии в различные периоды после аварии на ЧАЭС. При этом использованы данные измерений и оценки, выполненных научными организациями, в т. ч. бывшего СССР и Республики Беларусь, с участием учреждений санэпидслужбы. Всего с 1986 по 2015 гг. было проведено более 1 млн радиометрических и спектрометрических исследований продуктов питания. В первые годы после аварии измерения проводились бета-радиометрами типа ДП-100, КРВП-ЗАБ с оценкой суммарной бета-активности. В последующем учреждения санэпидслужбы были оснащены гамма-радиометрами. Для верификации результатов измерений радионуклидов в продуктах питания использовались стационарные спектрометры типа АИ 1024 и шестикристалльный гамма-спектрометр «Припять-1». Стронций-90 определялся радиохимическим методом. По результатам измерений создана база данных содержания радионуклидов в продуктах питания и питьевой воде. Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программ Statistica 6.0.

**Результаты и их обсуждение.** Среди защитных мероприятий после аварии на ЧАЭС можно условно выделить три этапа: 1986–1991, 1992–2000, с 2001 г. по настоящее время.

Период 1986–1991 гг. относится к периоду ограничительных защитных мер. На начальном этапе облучение населения определялось радионуклидом йода-131. Его содержание в молоке составляло от сотен до сотен тысяч Бк/л. В 50% случаев содержание йода в молоке было более 37 кБк/л [2]. Таким образом, основное количество йода-131 могло поступить с молоком, овощами и зеленью. В связи с этим использовался комплекс ограничительных мер: введение запрета на потребление цельного молока, листовых овощей; контроль радиоактивности пищевых продуктов, их бракераж, переработка молока на сыр, масло; замена в рационе питания населения продуктов местного производства привозными продуктами; вывоз детей и беременных на оздоровительный отдых [2]. Вместе с тем задержка с проведением йодной профилактики населения (проводилась 10–12 мая 1986 г.) значительно снизила эффективность данной защитной меры. Средняя поглощенная доза облучения щитовидной железы у детей в населенных пунктах «жесткого контроля» составила 0,15–0,25 Гр.

По результатам анализа 16 тыс. проб молока, исследованных в пастбищный период 1987 и 1988 гг., было установлено, что наиболее эффективным показателем загрязнения молока в населенном пункте является квантиль статистического распределения концентраций цезия-134 и цезия-137 [1]. Его величина выше среднего уровня загрязнения молока в 1,0–1,7 раза. Для 416 населенных пунктов области 90% квантиль в молоке из личных подсобных хозяйств превышал установленный норматив 370 Бк/л. Содержание стронция-90 находилось ниже 0,37 Бк/л. В 1989 г. количество населенных пунктов, в которых уровни радиоактивного загрязнения (90% квантиль) превышали 370 Бк/л, уменьшилось до 322. Анализ данных по соотношению загрязненности молока (90% квантиль) за 1988–1989 гг. показал, что для населенных пунктов, где наблюдались превышения концентрации цезия-137 в молоке 370 Бк/л, статистические показатели (среднее — 1,93, медиана — 1,57) превышали таковые для всего массива данных (среднее — 1,64, медиана — 1,33). Наибольшее снижение средней удельной активности молока произошло в 1989 г. — по отношению к 1988 г. в 1,6 раза, что связано с некоторой активизацией работ по выделению окультуренных пастбищ, сенокосов сеяных трав, повышением грамотности населения в вопросах кормления коров, улучшением обеспечения ЛПХ комбикормами. Вместе с тем при планировании мероприятий по радиационной защите не всегда учитывались все социально-экономические и психологические факторы, что снижало эффективность защитных мероприятий в сельском хозяйстве.

Снижение уровней радиоактивного загрязнения молока радионуклидом цезия-137 была отмечена в группах населенных пунктов с различным диапазоном плотности загрязнения цезием-137. Так, с 1986 по 1991 гг. среднее содержание радионуклидов цезия-137 в молоке личных подсобных хозяйств населенных пунктов Краснопольского района (555–1480 кБк/м<sup>2</sup> и более 1480 кБк/м<sup>2</sup>) уменьшилось в 5 раз [3] (рисунок 1).

Молоко с уровнем содержания цезия-137 выше 3700 Бк/л в частном секторе регистрировалось в 1987 г. в 84 населенных пунктах, в 1988 г. — в 84, в 1989 г. — в 11, 1990 г. — в 7, в 1991 г. — ни в одном населенном пункте, чему способствовали мероприятия по снижению поступления радионуклидов в молоко, уменьшение поголовья коров в личных подворьях, отселение жителей с наиболее загрязненных населенных пунктов.

Как показали расчеты, в случае потребления загрязненного молока, производимого в личных подсобных хозяйствах, средние дозы внутреннего облучения населения были бы выше фактических измеренных на счетчиках излучения человека в 5–7 раз в 1987–1988 гг. и в 10 раз — в 1989–1990 гг. [1]. По результатам исследований повышенных доз облучения у части населения (около 1%) в 1986–1989 гг. было установлено, что в 80% случаев их причиной было потребление молока домохозяйств.

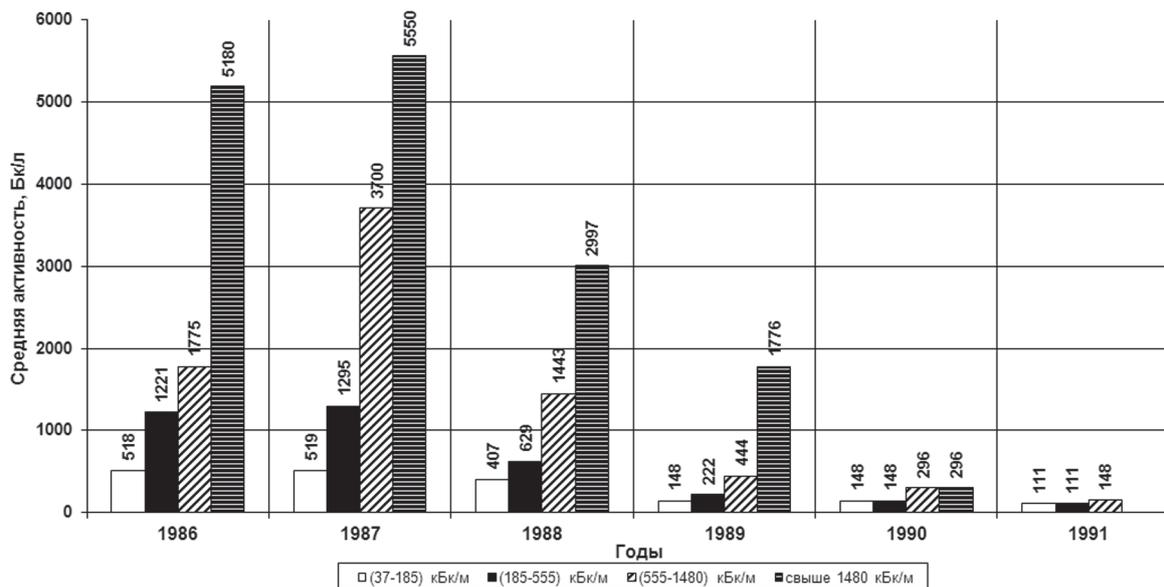


Рисунок 1. — Средняя удельная активность радионуклидов цезия (до 1990 г. радионуклидов цезия-134 и цезия-137, с 1992 г. — радионуклида цезия-137) в молоке личных подсобных хозяйств, Краснополяский район, 1986–1991 гг.

В последующий период благодаря защитным мероприятиям за счет средств чернобыльской программы, в т. ч. создания сенокосов и пастбищ, установилась устойчивая тенденция уменьшения населенных пунктов, где отмечалось производство молока с повышенным содержанием радионуклидов.

В послеаварийный период было обеспечено соблюдение допустимых уровней содержания радионуклидов, действовавших в различное время, в готовой молочной продукции молокозаводов.

Период 1992–2000 гг. относится к периоду активного и широкомасштабного применения агрометеорологических мероприятий для снижения поступления радионуклидов в продукцию животноводства как в общественном секторе, так и в личных подсобных хозяйствах.

В рамках программы дозового мониторинга в пастбищный период 1992 г. было отобрано 8000 проб молока и картофеля в 555 населенных пунктах области, в основном в населенных пунктах с плотностью загрязнения цезием-137 менее 555 кБк/м<sup>2</sup>. Средний уровень цезия-137 в молоке личных подсобных хозяйств составлял 25,9 Бк/л, максимальное значение — 407 Бк/л. В 0,62% проб было установлено превышение РКУ-90 — 185 Бк/л.

В населенных пунктах с плотностью загрязнения цезий-137 555–1480 кБк/м<sup>2</sup> среднее содержание радионуклидов цезия-137 в молоке составляло от 8,8 до 31,5 Бк/л. Концентрация стронция-90 в молоке домохозяйств колебалась в пределах 0,03–0,96 Бк/л. Содержание цезия-137 в молоке молокозаводов составляло от 1,1 (Глусский МСЗ) до 13 Бк/л (Славгородский МСЗ).

Анализ результатов исследований в населенных пунктах с различной плотностью радиоактивного загрязнения показал, что среднее содержание цезия-137 в молоке и картофеле в населенных пунктах с плотностью загрязнения 185–555 кБк/м<sup>2</sup> совпадали со средними значениями для всего массива данных. В населенных пунктах с плотностью радиоактивного загрязнения цезием-137 от 555 до 1480 кБк/м<sup>2</sup> уровни загрязнения превышали средние по всем населенным пунктам по молоку в 1,6 раза, по картофелю — в 1,7 раза.

В 1993 г. учреждениями санэпидслужбы было исследовано молоко в ЛПХ на содержание радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в 197 населенных пунктах, в которых согласно Каталогу доз (1992) дозовая нагрузка превышала 1 мЗв/год (1378 проб молока). Не соответствовало новому нормативу РДУ-92 — 111 Бк/л 148 проб молока, или 10,7%. Превышение ДУ по содержанию цезия-137 в молоке ЛПХ было зарегистрировано в 50 населенных пунктах. В 11 населенных пунктах отмечена значительная доля проб загрязненного молока выше ДУ (более 50%), в остальных 39 населенных пунктах регистрировались по 1–2 пробе молока. Максимальное значение удельной активности цезия-137 в молоке составило 851 Бк/л. В 810 населенных пунктах, в которых ожидаемая доза не превышала 1 мЗв/год, было исследовано 3543 пробы молока, из них 57 проб (1,6%) от общего количества не соответствовало допустимому уровню по содержанию цезия-137.

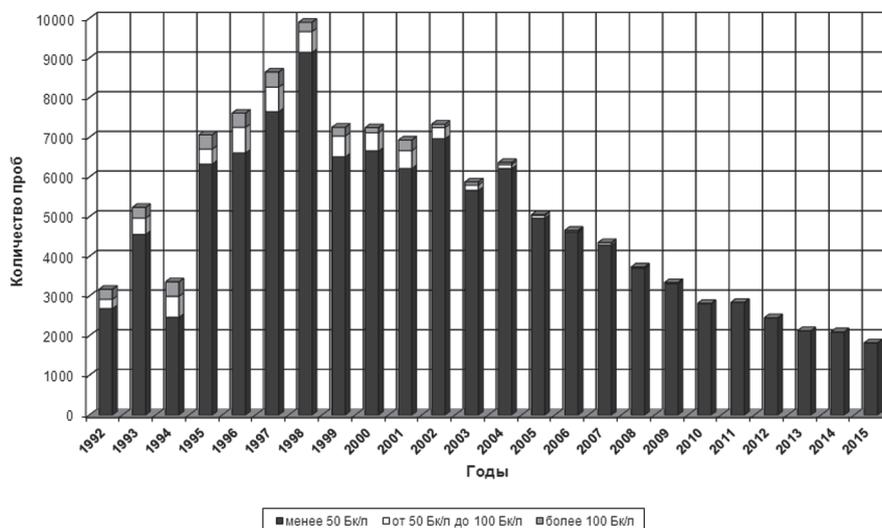
Установленный жесткий критерий для сельскохозяйственных защитных мероприятий по снижению загрязнения молока (наличие только 1 пробы молока выше допустимого уровня в населенном пункте) не выполнялся в 1992 г. в 70 населенных пунктах, 1993 г. — в 92, 1994 г. — в 95, 1995 г. — в 77, 1996 г. — в 93, 1997 г. — в 89, 1998 г. — в 63.

С 1992 г. создание культурных кормовых угодий для поголовья скота в частном секторе явилось одним из приоритетных защитных мероприятий.

После 1995 г. средние показатели и медиана содержания радионуклидов цезия-137 в молоке неблагополучных населенных пунктов не превышали допустимого уровня. Удельный вес проб молока загрязненных радионуклидами выше допу-

стимого уровня (100 Бк/л) в 1992–1994 гг. колебался в пределах 5–10%, а в период 1995–2001 гг. удельный вес проб выше допустимого уровня снижался с колебаниями 1,8–4,7% (рисунок 2).

В большинстве проб молока (80%), отобранных в личных подсобных хозяйствах в 2000 г., содержание радионуклидов цезия-137 не превышало 37 Бк/л. В диапазоне выше 50 Бк/л в различные годы находилось от 6 до 26% проб молока с общей тенденцией к снижению.



**Рисунок 2. — Распределение проб молока в ЛПХ с содержанием радионуклидов цезия-137 в диапазонах более 100 Бк/л, 50–100 Бк/л и менее 50 Бк/л 1992–2015 гг., Могилевская область**

В 1999 г. по отношению к 1991 г. уровень загрязнения продуктов питания снизился только в 1,5 раза, что свидетельствует о том, что ограничительные меры исчерпали себя и дальнейшее снижение радионуклидов возможно только путем проведения сельскохозяйственных радиозащитных мероприятий, направленных на поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

Реабилитационный период с 2000 г. характеризуется широким применением наиболее эффективных и экономически оправданных защитных контрмер в сельском хозяйстве, внедрением программ развития и реабилитации для наиболее загрязненных хозяйств.

В течение 2000–2005 гг. отмечалось постепенное снижение уровней загрязнения радионуклидом цезия-137 молока в ЛПХ и уменьшение количества населенных пунктов с пробами молока выше допустимого уровня: 2000 г. — 43 населенных пункта, 2001 г. — 50, 2002 г. — 32, 2005 г. — 11.

В этот период продолжается снижение удельного веса проб загрязненных радионуклидами выше допустимого уровня (100 Бк/л) — в 2000 г. 1,7%, в 2001 г. — 3,9%, 2002 г. — 3%. В 2000 г. в 92% исследованных проб молока содержание радионуклидов цезия-137 находилось ниже уровня 50 Бк/л.

Период 2005–2009 гг. характеризуется резким уменьшением количества населенных пунктов, в которых регистрировались пробы молока выше ДУ и удельного веса проб молока выше ДУ. Количество населенных пунктов, в которых в личных подсобных хозяйствах регистрировались пробы молока по содержанию радионуклидов выше допустимого уровня, за счет эффективных сельскохозяйственных защитных мер продолжало уменьшаться: 2002 г. — 29 населенных пунктов, 2004 г. — 27, 2005 г. — 11, 2006 г. — 4, 2007 г. — 3, в 2011 г. и в последующие годы пробы коровьего молока в ЛПХ выше допустимого уровня не регистрировались.

В этот период отмечается снижение удельного веса проб молока загрязненных радионуклидами выше допустимого уровня (100 Бк/л) — в 2001 г. 3,9%, в 2011 г. — 0,1% (рисунок 2).

В целом защитные мероприятия в сельском хозяйстве по выделению окультуренных пастбищ и сенокосов для ЛПХ, другие ограничительные мероприятия позволили уменьшить дозу внутреннего облучения населения области в 3 раза [5].

В мясе и мясных продуктах частного сектора в послеаварийный период также регистрировались пробы выше ДУ. Доля проб мяса выше допустимого уровня составила в 1986 г. — 12%, в 1987 г. — 3,7%, в 1988 г. — 15%, в 1989 г. — 3,1%, в 1990 г. — 2,9%, в 1991 г. — 13%, в 1992 г. — 12%, в 1993 г. — 9%. Резкое увеличение количества проб мяса от населения выше ДУ в 1991 г. связано со снижением нормативов содержания радионуклидов цезия-137 в мясе. В 1993 г. в мясе свинины, отобранного в ЛПХ, повышенного содержания цезия-137 установлено не было. В 1993 г. в 83% проб дичи было установлено превышение ДУ. Уровни содержания цезия-137 в мясе дичи превышало допустимый уровень в 10–50 раз.

Если в 1986 г. доля проб корнеплодов (морковь, свекла, редис), загрязненных выше допустимого уровня, составила 1,2%, то в 1987 г. проб выше допустимого уровня по содержанию радионуклидов цезия-137 установлено не было. Среднее содержание цезия-137 в картофеле в 1993–1994 гг. составляло 7,4 Бк/кг, в 50% проб содержание цезия-137 было менее 3,7 Бк/кг. Среднее содержание стронция-90 в картофеле составляло от 0,1 до 0,37 Бк/кг.

В различные периоды после аварии не соответствовало допустимым уровням от 11% в 1986 г. до 47% в 1993 г. грибов дикорастущих и от 10% в 1986 г. до 43% в 1989 г. ягод дикорастущих. В последние годы в 20–30% проб дикорастущей продукции леса, доставленной населением для измерений (грибах, ягодах, дичи), превышен допустимый уровень содержания радионуклида цезия-137.

В настоящее время на территории радиоактивного загрязнения (25,8% от общей площади) находится 697 населенных пунктов, в которых проживает 10% населения области. В последние годы дозы внутреннего облучения населения выше контрольного уровня 1 мЗв/год регистрировались по данным обследований населения на счетчиках излучения человека в единичных случаях (1992 г. — 2%). В 2015 г. средняя доза составила 0,015 мЗв/год, у 97% населения доза внутреннего облучения была менее 0,1 мЗв/год.

**Заключение.** В разные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС для снижения доз внутреннего облучения населения применялись различные набор защитных мероприятий с различной степенью их эффективности. Допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания в соответствии с квотами на внутреннее облучение и в связи с улучшением радиационной обстановки, обусловленной естественными процессами радиоактивного распада и защитными мероприятиями, периодически подвергались пересмотру в сторону их снижения.

За период наблюдения (1986–2015 гг.) в личных подсобных хозяйствах имела место тенденция снижения радиоактивного загрязнения молока и других продуктов питания, соответственно снижалась и доза внутреннего облучения населения. В настоящее время в радиоактивно загрязненных населенных пунктах не регистрируются пробы молока выше допустимых уровней содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в личных подсобных хозяйствах. Сохраняется проблема загрязнения радионуклидами пищевой продукции леса (грибы, ягоды, дичь), что обусловлено специфическими свойствами лесных массивов (нахождение радионуклидов цезия-137 в подстилке и поверхностных слоях почвы). В большинстве населенных пунктов годовая эффективная доза облучения, за исключением 8 малочисленных по населению пунктов, не превышает 1 мЗв/год (Каталог средних эффективных доз облучения жителей населенных пунктов).

Главную роль в снижении доз облучения у населения области после аварии (1986–1989) сыграли ограничительные меры по недопущению употребления загрязненного молока и других пищевых продуктов, организация завоза «чистых» молочных продуктов в населенные пункты, сбор загрязненного молока на переработку, организация питания детей в школах и детских дошкольных учреждениях.

В отдаленный период после аварии значительное внимание при разработке и реализации государственных и союзных программ по минимизации последствий аварии на ЧАЭС уделялось сельскохозяйственным защитным мероприятиям по снижению уровней радиоактивного загрязнения молока и других продуктов питания в частных домохозяйствах и общественном секторе, что способствовало улучшению и стабилизации радиационной обстановки по загрязнению радионуклидами сельскохозяйственных пищевых продуктов.

#### Литература

1. Отчеты о результатах исследования радиационно-гигиенической обстановки в загрязненных районах Могилевской области в 1986–1989 гг. / Ин-т биофизики М-ва здравоохранения СССР, Отд. здравоохранения Могилев. облисполкома М-ва здравоохранения БССР. — Могилев, 1989.
2. Защитные мероприятия по снижению доз облучения и их эффективность / Г.М. Аветисов [и др.] // Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской атомной электростанции: материалы науч. конф., Киев, 11–13 мая 1988 г. — Киев, 1988. — 231 с.
3. Липницкий, Л.В. Оценка влияния защитных мер по снижению поступления цезия-137 в организм человека с продуктами питания, производимыми в личных подсобных хозяйствах населенных пунктов Краснопольского района / Л. В. Липницкий // Основные направления получения экологически чистой продукции растениеводства: тез. докл. Респ. науч.-произв. конф., Горки, 13–15 апр. 1992 г. / Ред. П.М. Шершневу [и др.]. — Горки: БСХА, 1992.
4. Николаенко, Е.В. Радиационная безопасность пищевой продукции производимой в Республике Беларусь / Е.В. Николаенко, В.В. Кляус // 30 лет после Чернобыльской катастрофы. Роль союзного государства в преодолении ее последствий: материалы науч.-практ. конф. — Горки: БГСХА, 2015. — С. 76–81.
5. Кенигсберг, Я.Э. Радиационная защита населения Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС / Я.Э. Кенигсберг, Н.Н. Цибулько // Радиационная гигиена. — 2014. — Т. 7, № 2. — С. 15–20.

### LEVELS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS IN DIFFERENT PERIODS AFTER THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT IN MOGILEV REGION

*Lipnitsky L.V., Nechay C.V., Kirdun E.V.*

*Health Institution “Mogilev Region Center of Hygiene and Epidemiology”, Mogilev, Republic of Belarus*

The levels of radiocontamination of milk and other food products have been estimated in different periods after the accident at the Chernobyl NPP as well as the protective measures influence on radionuclides decrease in food products produced in private landed properties and public sector. In the beginning period of the accident the protective measures allowed to decrease the levels of radiocontamination of milk, especially in public sector, but the immensity of territory pollution, lack of experience didn't allow to reach the established standard of the cesium-137 content (370 Bq/l) in private subsidiary farms. Thereafter the highest effectiveness of measures to the levels decrease of milk and meat radiocontamination in private households in agriculture was after the development and implementation of state and allied programs of accident consequences minimization at the CNPP. The harder standard of the cesium-137 content in milk (100 Bq/l) has been established in the results of focused regular conducted protective measures in agriculture. Nowadays the milk samples don't exceed permissible levels in settlements of the region.

**Keywords:** food products, specific activity of cesium-137, milk of private subsidiary farms.

Поступила 19.07.2016

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА БОЛЕЗНИ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ НАСЕЛЕНИЯ г. ХЕРСОНА

*Липовецкая Е.Б.*

*Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева  
Национальной Академии медицинских наук Украины», Киев, Украина*

**Реферат.** В статье приведены результаты изучения содержания минеральных веществ в некондиционной водопроводной питьевой воде на примере г. Херсона. Мониторинговые исследования показали превышения ПДК по показателям сухого остатка, общей жесткости, сульфатов, хлоридов в среднем до 2-х и более раз.

Эпидемиологическим исследованием на популяции г. Херсона установлено наличие связи возникновения и развития мочекаменной болезни и пиелонефрита с длительным употреблением некондиционной по минеральному составу водопроводной питьевой воды.

**Ключевые слова:** водопроводная вода, минеральные вещества, болезни мочеполовой системы, эпидемиологическое исследование.

**Введение.** В структуре болезней населения Украины патология мочеполовой системы составляет около 6% от общего количества заболеваний и занимает 4–5-е место, что позволяет отнести ее к одной из самых распространенных групп в структуре общей заболеваемости в Украине. Следует также отметить, по данным Минздрава Украины имеет место тенденция к росту уровня заболеваемости мочеполовой системы: за последние 15 лет частота случаев этих заболеваний с 3937,0 в 2000 г. выросла до 4508,0 на 100 тыс. населения в 2012 г. [1]. Лидирующее место среди урологических заболеваний во всех регионах мира, в т. ч. и в Украине, занимают мочекаменная болезнь и пиелонефрит. Мочекаменная болезнь является полиэтиологическим заболеванием, одним из факторов развития которого является химический состав питьевой воды. Повышение жесткости питьевой воды и уровня в ней кальция и магния ведет к росту частоты камнеобразования. Кроме того, климатические и биогеохимические факторы (к последним относятся хлориды и сульфаты питьевой воды) имеют опосредованное воздействие на организм человека, вызывая нарушения метаболизма, и приводят к развитию тубулопатий, которые проявляются нарушениями пуринового, щавелево-кислого и фосфорно-кальциевого обменов. Дисбаланс повышения концентрации камнеобразующих факторов в сыворотке крови и моче, а также недостаточность веществ-стабилизаторов растворенного состояния солей ведет к образованию микроэлектролитов, что и является пусковым механизмом камнеобразования [2, 3]. Употребление воды с высокой минерализацией и жесткостью ведет к нарушению осмотического гомеостаза, изменениям процессов фильтрации и реабсорбции в почках, повышению экскреции натрия и калия (Крашенинина Г.И., Трофимович Е.М., Айзман Р.И., 2004). Функциональные изменения в почках в совокупности с нарушением оттока мочи способствуют присоединению инфекции, что может привести к развитию пиелонефрита (Лопаткин Н.А., 1998).

Подземная питьевая вода ряда областей юга и юго-востока Украины зачастую не соответствует гигиеническим нормативам по показателям сухого остатка, общей жесткости, сульфатов, хлоридов и др. Как правило, в такой воде регистрируются различные комбинации нестандартных показателей минерального состава воды, наиболее часто они включают от 3–4 до 5–6 веществ. Среди десяти городов-областных центров централизованное водоснабжение которых осуществляется из подземных источников, наихудшая ситуация с качеством водопроводной питьевой воды сложилась в г. Херсоне. По данным различных исследователей, длительное потребление такой воды может негативно влиять на отдельные органы и системы человека, а также на состояние здоровья населения в целом [4–6]. В Украине исследования по изучению влияния различных комбинаций нестандартных минеральных веществ питьевой воды на здоровье населения носят единичный характер, несмотря на актуальность таких работ для нашей страны, учитывая, что значительная часть населения употребляет питьевую воду негарантированного качества в основном по химическим показателям [2, 3, 5].

**Цель работы** — установление связи между минеральным составом питьевой воды и заболеваниями мочеполовой системы у взрослого населения, а также разработка мер по их профилактике.

**Материалы и методы.** Ретроспективное эпидемиологическое наблюдение проводилось методом когорт на популяциях гг. Херсон (опыт) и Чернигов (контроль), охватывало взрослое население старше 18 лет и включало анализ всех случаев впервые зарегистрированных заболеваний мочеполовой системы в целом и по отдельным нозологиям за 2004–2013 гг. Выбор исследуемых населенных пунктов обусловлен тем, что их централизованное питьевое водоснабжение осуществляется из подземных источников, отличающихся нестандартным (г. Херсон) и стандартным (г. Чернигов) качеством питьевой воды. Для характеристики качества питьевой воды в этих городах были проанализированы одни и те же показатели за 2004–2013 гг. С целью исключения модифицирующих факторов при выборе изучаемых населенных пунктов было учтено максимальное приближение географических, социально-экономических условий проживания, уровень загрязненности территорий, характер питания и т. п. Проведена прямая стандартизация медико-статистических показателей заболеваемости на 100 тыс. населения. Для изучения причинно-следственных связей между минеральным составом питьевой воды и заболеваниями мочеполовой системы проведен корреляционный и регрессионный анализ. Достоверность полученных результатов определялась путем вычисления критерия достоверности Стьюдента [7]. Статистический анализ был выполнен на персональном компьютере с использованием стандартного пакета программ Statistica 8.0.

**Результаты и их обсуждение.** Население г. Херсона употребляет питьевую воду из подземных источников с избыточным содержанием солей (рисунок 1).

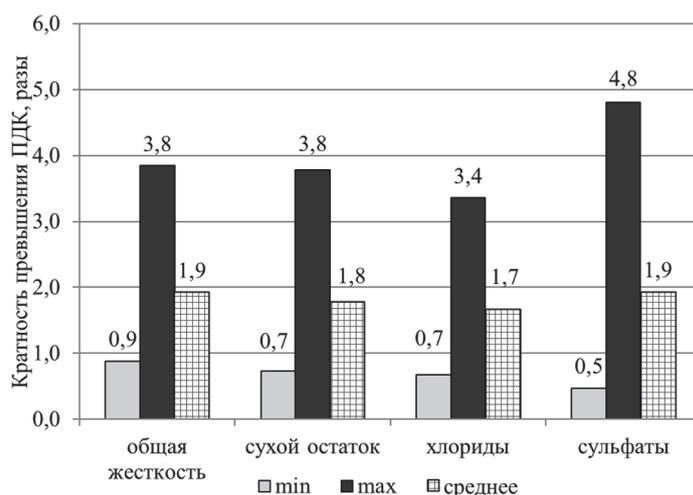


Рисунок 1. — Отношение к ПДК среднееголетних показателей минерального состава питьевой воды г. Херсона

По результатам многолетнего мониторинга установлено, что уровни показателей общей жесткости, сухого остатка, хлоридов и сульфатов в питьевой воде по г. Херсону регистрировались на уровне 1–5 ПДК, среднееголетние концентрации превышали ПДК в 1,7–1,9 раза. Качество питьевой воды контрольного г. Чернигова по своему минеральному составу находится в пределах гигиенических нормативов, величины этих веществ составляют 0,1–0,5 ПДК и статистически достоверно отличаются от таковых исследуемого населенного пункта ( $p < 0,01$ ). Анализ многолетней динамики содержания минеральных веществ в воде г. Херсона позволяет утверждать, что население в течение последних 10–20 лет систематически употребляет некондиционную питьевую воду, что обуславливает риск возникновения и развития заболеваний мочеполовой системы.

Эпидемиологические исследования свидетельствуют, что показатель общей заболеваемости болезнями мочеполовой системы в указанных населенных пунктах существенно не отличался и находился практически на уровне среднееобластных и среднеукраинских значений. В то же время выявлено статистически достоверное ( $p < 0,01$ ) превышение уровня заболеваемости пиелонефритом среди взрослого населения г. Херсона по сравнению с г. Черниговом, что может быть обусловлено повышенным содержанием минеральных солей в водопроводной воде. Статистическая обработка данных показала наличие достоверной положительной корреляционной связи между заболеваемостью населения г. Херсона мочекаменной болезнью и пиелонефритом с отдельными показателями минерального состава питьевой воды (таблица 1). Наиболее высокие уровни коэффициентов корреляции установлены между пиелонефритом и минеральными веществами питьевой воды ( $r = 0,84–0,87$ ).

Таблица 1. — Коэффициенты корреляции для отдельных заболеваний мочеполовой системы населения г. Херсона ( $p < 0,01$ )

Заболевание	Общая жесткость	Сухой остаток	Хлориды	Сульфаты
Мочекаменная болезнь	0,56	0,48	0,53	0,57
Пиелонефрит	0,87	0,84	0,87	0,87

Для прогнозирования роста уровня заболеваемости данной патологией был проведен регрессионный анализ. Построены адекватные математические модели количественной зависимости болезней мочеполовой системы населения г. Херсона от содержания минеральных веществ в воде (таблица 2).

Таблица 2. — Параметры регрессионной модели зависимости болезней мочеполовой системы от минерального состава питьевой воды

Заболевание	Общая жесткость		Сухой остаток		Хлориды		Сульфаты	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Мочекаменная болезнь	62,27	4,65	75,03	0,03	63,61	0,15	80,23	0,09
Пиелонефрит	64,44	10,11	79,31	0,07	59,13	0,34	105,74	0,20

С помощью линейных математических моделей была спрогнозирована доля влияния некондиционной питьевой воды на уровень отдельных болезней мочеполовой системы населения. Установлено, что за период наблюдения количество дополнительных случаев на 100 тыс. населения составило для мочекаменной болезни — 52, для пиелонефрита — 78 случаев.

На рисунке 2 показана устойчивая тенденция к росту заболеваемости населения г. Херсоне мочекаменной болезнью и пиелонефритом. В 2004 г. заболеваемость составляла 114,7 и 201,0 на 100 тыс. населения соответственно, максимальный прирост наблюдался в 2012–2013 гг. За весь период наблюдения прирост заболеваемости мочекаменной болезнью и пиелонефритом составил 52,6 и 17,4% соответственно.

Полученные результаты в целом не противоречат данным мировой научной литературы и подтверждают роль длительного употребления минерализованной питьевой воды как одного из этиологических факторов в развитии мочеполовых заболеваний (Короткова Т.С., 2007; Скударнов С.Е. Куркатов С.В., 2011; Никитин С.В., Мубаракшин Р.Р., 2005).

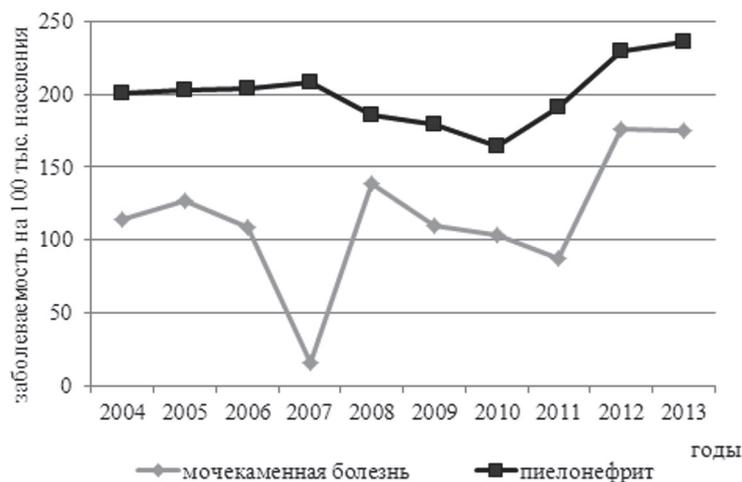


Рисунок 2. — Тенденция заболеваемости мочекаменной болезнью и пиелонефритом в г. Херсоне за период наблюдения

**Заключение.** Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Показано, что население г. Херсона на протяжении многих лет употребляет некондиционную по минеральному составу водопроводную питьевую воду из подземных источников. Концентрации сухого остатка, общей жесткости, сульфатов и хлоридов в воде превышают гигиенический норматив в среднем в 1,7–1,9 раза.

2. Эпидемиологическими исследованиями на популяционном уровне установлено, что сверхнормативное содержание минеральных веществ в воде является одним из этиологических факторов возникновения и развития болезней мочеполовой системы. Выявлена сильная положительная статистически достоверная ( $p < 0,01$ ) корреляционная связь между минеральными составляющими питьевой воды и уровнем заболеваемости населения г. Херсона мочекаменной болезнью ( $r = 0,48-0,57$ ) и пиелонефритом ( $r = 0,84-0,87$ ). Показано, что из всего числа случаев заболеваемости пиелонефритом среди населения г. Херсона доля влияния именно некондиционной питьевой воды составляет 78 дополнительных случаев заболеваний на 100 тыс. населения.

3. Полученные результаты свидетельствуют о настоятельной необходимости решения вопроса обеспечения населения качественной водопроводной питьевой водой. При отсутствии централизованных мероприятий этого можно достичь путем внедрения доочистки питьевой воды в местах ее употребления с помощью бытовых и коллективных водоочистных установок на основе обратноосмотических и ионообменных методов.

#### Литература

1. Статистичний щорічник України за 2012 рік / За ред. О.Г. Осауленка. — Київ, 2013. — 552 с.
2. Омельченко, Е.М. Захворюваність на сечокам'яну хворобу в різних областях України / Е.М. Омельченко, С.О. Волощенко, О.І. Тимченко // Гігієна населених місць: зб. наук. пр. — Київ, 2006. — Вип. 48. — С. 476–479.
3. Ганенко, О.Н. Общие закономерности возникновения и распространенности мочекаменной болезни среди населения Донецкой области / О.Н. Ганенко, С.В. Грищенко // Вестн. гигиены и эпидемиологии. — 2002. — Т. 6, № 2. — С. 127–131.
4. Прокопов, В.О. Оцінка якості питної води з підземних вододжерел України з погляду впливу на стан здоров'я населення / В.О. Прокопов, О.Б. Липовецька // Наук. вісн. НМУ. — 2012. — Вип. 4. — С. 122–126.
5. Прокопов, В.О. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури) / В.О. Прокопов, О.Б. Липовецька // Гігієна населених місць: зб. наук. пр. — Київ, 2012. — Вип. 59. — С. 63–74.
6. Рахманин, Ю.А. Методика изучения влияния химического состава питьевой воды на состояние здоровья населения / Ю.А. Рахманин, Г.И. Сидоренко, Р.И. Михайлова // Гигиена и санитария. — 1998. — № 4. — С. 13–19.
7. Антомонов, М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. — Київ, 2006. — 558 с.

## THE INFLUENCE OF DRINKING WATER MINERAL COMPOSITION ON THE UROGENITAL DISEASES ON THE POPULATION KHERSON

*Lypovetska E.B.*

*State Institution "O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine*

The article presents the results of studying the mineral content in the substandard drinking water by the example of Kherson. The monitoring showed the maximum permissible concentration an average of 2 or more times of dry residue, total hardness, sulfates, chlorides.

The epidemiological study (population of Kherson) set the link between appearance and development of urolithiasis and pyelonephritis under the prolonged use of tap drinking water with substandard mineral composition.

**Keywords:** tap water, minerals, urogenital diseases, epidemiological study.

Поступила 13.07.2016

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ФРАКЦИЯМИ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ (PM<sub>10</sub> И PM<sub>2,5</sub>) В РАЙОНЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ТЭС

Маремуха Т.П., Петросян А.А.

Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины», Киев, Украина

**Реферат.** В связи с отсутствием в Украине мониторинга взвешенных частиц произведено измерение уровней загрязнения атмосферного воздуха фракциями мелкодисперсной пыли с диаметром частиц 10 и 2,5 мкм (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>) в одном из городов страны. Пробоотбор осуществлялся в 7 точках, расположенных в зоне функционирования ТЭС, с учетом предварительной оценки сезонного направления атмосферных потоков воздуха от стационарных источников загрязнения ТЭС и инфраструктуры города. Инструментальные измерения уровней концентраций PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> в атмосферном воздухе проводились в весенне-летний период при помощи переносных портативных анализаторов запыленности Cop.Tec Personal Dust Monitor PM10-PM2.5-PM-1 (Италия). Снятия показаний в режиме реал-тайм проводились на протяжении 1 ч с усреднением 1 мин в течение 3-х последовательностей за сут (08.00 — 09.00; 13.00 — 14.00; 18.00 — 19.00), что дало возможность оценить полученные результаты и сопоставить их с критериями оценки качества воздуха, рекомендованных ВОЗ при 24-часовом времени усреднения. Сравнительный анализ полученных усредненных концентраций PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> в 43% измерений выявил превышение рекомендованных уровней. Уровни средних концентраций в исследуемом городе составили для PM<sub>10</sub> — 39 мкг/м<sup>3</sup> (в диапазоне от 11 до 67 мкг/м<sup>3</sup>), для PM<sub>2,5</sub> — 23 мкг/м<sup>3</sup> (в диапазоне от 4 до 47 мкг/м<sup>3</sup>). Полученные данные в дальнейшем будут использованы для оценок и анализа потенциального риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами ТЭС, и разработки профилактических мероприятий для населения.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, ТЭС, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>.

**Введение.** Украинские теплоэлектростанции (ТЭС) имеют один из самых низких уровней технико-экономических и экологических показателей в Европе. По данным Государственной службы статистики Украины, в 2015 г. на отрасль пришлось 8% общенациональных выбросов серы диоксида и 60% азота диоксида. Выбросы тепловых электростанций в Украине в 5–30 раз превышают стандарты Европейского союза (Директива 2001/80/ЕС, Директива 2010/75/ЕС) [1]. Расходы на здоровье населения, связанные с производством электроэнергии из лигнита и каменного угля, являются намного выше, чем из любых других энергоносителей в Европе. По данным европейского исследовательского проекта «ExternE», на долю одного тераватт/ч (ТВт/ч) электроэнергии, произведенного из каменного угля, приходится в среднем 24,5 смертей, связанных с загрязнением воздуха, на долю бурого угля — 32,6 ранних смертей на ТВт/ч [2]. Согласно обновлению Энергетической стратегии Украины на период до 2030 г. предусматривается увеличение потребления угольной продукции, что значительно увеличит выбросы и, соответственно, приведет к увеличению уровней риска смертности и заболеваемости от воздействия взвешенных веществ, серы и азота диоксидов.

Особую угрозу для здоровья представляют взвешенные вещества: PM<sub>10</sub> — фракция пыли с аэродинамическим диаметром частиц менее 10 мкм и PM<sub>2,5</sub> — менее 2,5 мкм, которые являются результатом сгорания твердого топлива. За последнее десятилетие в мире значительно вырос объем фактических данных, подтверждающих связь между концентрацией в атмосфере PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> и целым рядом последствий для здоровья. ВОЗ проанализировала влияние PM на здоровье населения, которое проживает в больших городах мира, и сделала вывод о том, что воздействие PM является причиной почти 800 тыс. преждевременных смертей в год. Риск здоровью могут наносить как краткосрочное (среднее за 24 ч), так и длительное (среднее за год) воздействие взвешенных веществ в атмосфере [3].

Поскольку посты мониторинга Гидрометслужбы Украины не дифференцируют пыль по дисперсности и, соответственно, мониторинг мелкодисперсной пыли отсутствует, оценка качества воздуха проводилась на основании диффузных натурных измерений. Подобные исследования позволяют определять загрязнения атмосферного воздуха частицами пыли с диаметром 10 и 2,5 мкм и оценивать качество атмосферного воздуха на локальном уровне, основанное на моделировании распространения загрязняющих веществ и оценке их влияния на формирование состояния общественного здоровья.

**Цель работы** — получение информации о реальных (фактических) концентрациях PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> в одном из городов Украины, где население находится под экспозицией крупнейшего энергогенерирующего объекта, работающего на угле.

**Материалы и методы.** Определение уровней загрязнения атмосферного воздуха PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> в городе проводилось в семи точках, расположенных в зоне функционирования объекта, которые выбирались с учетом предварительной оценки сезонного направления атмосферных потоков воздуха от стационарных источников загрязнения ТЭС, инфраструктуры города и расположения селитебной зоны. Исследование проводилось в весенне-летний период 2015 г. Инструментальные измерения уровней концентраций PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> в атмосферном воздухе осуществлялось при помощи переносных портативных анализаторов запыленности Cop.Tec Personal Dust Monitor PM10-PM2.5-PM-1 (Италия), диапазон измерения которого составляет 1–1000 мкг/м<sup>3</sup>, погрешность —  $\delta = \pm 1\%$ . Одновременно фиксировались метеорологические параметры атмосферного воздуха (скорость и направление ветра; температура, влажность, давление воздуха) с использованием метеорологического сенсора WS-600. Измерения проводились на высоте от 1,2 до 1,8 м от поверхности земли, чтобы смоделировать перенос частиц пыли в зоне дыхания человека и избежать возможных помех от чрезмерного ресуспендирования частиц. Снятие показаний в режиме реал-тайм проводились на протяжении 1 ч с усреднением 1 мин в течение 3-х последовательностей за сут (08.00 — 09.00; 13.00 — 14.00; 18.00 — 19.00), что дало возможность оценить полученные результаты и сопоставить их с гигиеническими нормативами, рекомендованными ВОЗ при 24-часовом времени усреднения [4]. Статистическая обработка результатов измерений проанализирована с помощью инструментов пакета статистической обработки данных SigmaPlot v.10.

**Результаты и их обсуждение.** Натурные исследования загрязнения атмосферного воздуха PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> проводились в семи точках (А, В, С, D, E, F, G) (рисунок).



Рисунок — Территориальное расположение точек исследования атмосферного воздуха

На рисунке показано, что две точки (А, В) находятся в промышленной зоне и пять точек (С, D, E, F, G) расположены в селитебной зоне города (таблица 1).

Таблица 1. — Привязка точек проведения инструментальных натурных исследований атмосферного воздуха

Шифр точки	Координаты		Характеристика
	широта (N)	долгота (E)	
А	50°8'11,89"	30°45'2,84"	Промышленная зона
В	50°8'8,70"	30°45'4,79"	Промышленная зона
С	50°8'48,40"	30°45'2,84"	Селитебная зона
Д	50°9'1,72"	30°44'32,15"	Селитебная зона
Е	50°7'2,49"	30°47'2,84"	Селитебная зона
F	50°8'22,28"	30°44'20,44"	Селитебная зона
G	50°8'11,89"	30°45'2,84"	Селитебная зона

Анализ полученных концентраций мелкодисперсной пыли показал неоднородность загрязнения атмосферного воздуха в исследуемом городе. Усредненные концентрации  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  превышали критерии оценки качества воздуха, рекомендованные ВОЗ (50 и 25  $мкг/м^3$  соответственно), в трех точках для каждого вещества и составили: в точках А и Е для  $PM_{10}$  —  $62 \pm 7,8$  и  $67 \pm 7,2$   $мкг/м^3$  соответственно, для  $PM_{2,5}$  —  $39 \pm 2,8$  и  $47 \pm 2,7$   $мкг/м^3$ ; в точке В для  $PM_{2,5}$  —  $29 \pm 3,4$   $мкг/м^3$ ; в точке G для  $PM_{10}$  —  $51 \pm 5,2$   $мкг/м^3$ . Уровни средних концентраций по городу составили для  $PM_{10}$  —  $39 \pm 8,2$   $мкг/м^3$  (в диапазоне от 11 до 67  $мкг/м^3$ ), для  $PM_{2,5}$  —  $23 \pm 4,4$   $мкг/м^3$  (в диапазоне от 4 до 47  $мкг/м^3$ ) (таблицы 2, 3).

Таблица 2. — Концентрации  $PM_{10}$  в атмосферном воздухе

Шифр точки	Уровень концентрации, $мкг/м^3$			Критерий оценки ВОЗ, $мкг/м^3$ 24-часовая
	min	max	$M \pm m$	
А	53	89	$62 \pm 7,8$	50
В	39	53	$45 \pm 6,2$	
С	12	20	$15 \pm 1,8$	
Д	13	23	$17 \pm 2,1$	
Е	60	89	$67 \pm 7,2$	
Ф	10	14	$11 \pm 1,2$	
G	40	61	$51 \pm 5,2$	
Средняя величина по 7 точкам	$32 \pm 7,2$	$50 \pm 9,2$	$39 \pm 8,2$	

Несмотря на то, что усредненные величины  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в целом по городу не превышают рекомендованных ВОЗ нормативов, даже они могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Исследование, проведенное в 2002–2004 гг. в 13 городах Италии, показало, что при значении  $PM_{10}$  выше 20  $мкг/м^3$  количество смертей составило 8220 в год, или 9% от общей смертности (исключая несчастные случаи) в популяции старше 30 лет. Смерть от рака легкого наблю-

далась в 742 случаях в год (11,6%), от инфаркта миокарда — в 2562 случаях в год (19,8%) и от инсульта — в 329 случаях в год (3,3%). 1372 смерти были краткосрочными (в течение недели после экспозиции), что составило 1,5% от общей смертности. Смерть от сердечно-сосудистой патологии наблюдалась в 843 случаях в год (2,1%) и от острой респираторной патологии — в 186 случаях в год (3,1%). Наблюдалось также увеличение заболеваемости бронхитом, бронхиальной астмой и патологией сердечно-сосудистой системы, что приводило к ограничению физической активности, госпитализации пациентов и потере рабочих дней. Все оценки являлись статистически значимыми (доверительный интервал 95%) [5].

Таблица 3. — Уровни концентраций PM<sub>2,5</sub> в атмосферном воздухе

Шифр точки	Уровень концентрации, мкг/м <sup>3</sup>			Критерий оценки ВОЗ, мкг/м <sup>3</sup>
	min	max	M±m	24-часовая
A	38	41	39±2,8	25
B	27	30	29±3,4	
C	4	7	4±0,5	
D	2	5	4±0,5	
E	45	48	47±2,7	
F	10	16	12±1,2	
G	21	27	24±1,5	
Средняя величина по 7 точкам	21±4,8	25±5,2	23±4,4	

Следует отметить тот факт, что в данной работе измерения проводились в весенне-летний период, когда ТЭС работает не на полную мощность. Исследования, проведенные в 2014–2015 гг. в 190 городах Китая, показали, что концентрация PM<sub>2,5</sub> присуща сезонная изменчивость с самым высоким уровнем в течение зимы, а самым низким — в течение лета. Зимой максимальный уровень PM<sub>2,5</sub> обусловлен полной нагрузкой производственной мощности ТЭС, высокой повторяемостью стойких условий и мощных температурных инверсий в холодный период, что может способствовать накоплению загрязняющих веществ в атмосфере [6].

Учитывая тот факт, что усредненная величина PM<sub>2,5</sub> в весенне-летний период в исследуемом городе составила 23 мкг/м<sup>3</sup>, то можно предположить, что в осенне-зимний период она значительно превысит допустимые уровни, что повлечет за собой увеличение уровней риска смертности и заболеваемости. При этом длительное воздействие мелких взвешенных веществ может привести к возникновению хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и группы легочных заболеваний, в т. ч. хронических бронхитов и эмфиземы, которые характеризуются сужением дыхательных путей, затрудненным дыханием и постоянным ухудшением функции легких. Также влияние выбросов PM<sub>2,5</sub> связывают с ростом смертности от рака легких. Особенно уязвимыми перед загрязнением воздуха мелкодисперсной пылью являются дети, ведь они вдыхают большее количество воздуха в соотношении со своим весом, чем взрослые, и проводят больше времени на улице. В то же время их иммунная и ферментная системы еще не сформировались окончательно, а дыхательные пути находятся в процессе роста. Вышесказанное подтверждается международным научным сообществом (проекты REVIHAAP; HRAPIEE, ВОЗ, 2013, 2014) и доказывает негативное влияние PM<sub>2,5</sub> на развитие легких у детей, что нередко вызывает хронические болезни легких. Повреждение легких, вызванное воздействием загрязненного воздуха в ранние годы жизни, снижает максимальный уровень функционирования легких в будущем. Известно также, что в периоды повышенного содержания PM<sub>2,5</sub> наблюдается рост случаев госпитализации пациентов с ишемическим инсультом или другими цереброваскулярными заболеваниями. Существуют неопровержимые эпидемиологические доказательства причинно-следственной связи между воздействием взвешенных частиц и возникновением цереброваскулярных заболеваний (инсульт и церебральный венозный тромбоз) среди лиц с диабетом [2]. В 29 европейских городах отмечался рост смертности на 0,76% от сердечно-сосудистых заболеваний и на 0,58% от респираторных заболеваний при повышении концентрации PM<sub>10</sub> на 10 мкг/м<sup>3</sup> [7].

**Заключение.** В результате исследования касательно определения реальных (фактических) концентраций PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> в атмосферном воздухе, где проживает население, которое находится под экспозицией крупнейшего энергогенерирующего объекта, работающего на угле, установлено, что:

- превышение рекомендованных ВОЗ допустимых уровней усредненных концентраций PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> в атмосферном воздухе наблюдались в 43% измерений. При этом средние концентрации по городу для PM<sub>10</sub> определялись в диапазоне от 11 до 67 мкг/м<sup>3</sup>, PM<sub>2,5</sub> — от 4 до 47 мкг/м<sup>3</sup>;

- проанализировано и научно обосновано, что полученные концентрации PM<sub>10</sub> (выше 20 мкг/м<sup>3</sup>) могут привести к увеличению уровней риска смертности и заболеваемости населения от бронхо-легочной и сердечно-сосудистой патологии.

На основании вышесказанного можно сделать выводы о необходимости внедрения и расширения мониторинговых программ измерений мелкодисперсной пыли (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>) в воздухе населенных пунктов Украины с обязательным пересмотром и утверждением гигиенических нормативов для PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> согласно рекомендациям и требованиям ВОЗ путем соблюдения нормативных документов [4] и директив (основные — 2008/50/ЕС, 2001/80/ЕС), необходимость выполнения которых связана с интеграционными процессами вступления Украины в ЕС.

Также следует отметить, что полученные данные в дальнейшем будут использованы для последующего анализа целевого риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами ТЭС, и оценки социальных ущербов.

## Литература

1. Мельник, Л.Г. Предпосылки развития ТЭК на основе принципов «зеленой» экономики / Л.Г. Мельник, Е.В. Шкарупа, Е.Н. Часнык // Природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока — взгляд в будущее: материалы междунар. эколог. форума, Кемерово, 19–21 нояб. 2013 г.: в 2 т. / Под ред. Т.В. Галаниной, М.И. Баумгартэна. — Кемерово: КузГТУ, 2013. — Т. 2. — С. 74–78.
2. The unpaid health bill. How coal power plants make us sick: A report from the Health and Environment Alliance [ Electronic resource ]. — Mode of access: [http://www.env-health.org/IMG/pdf/heal\\_report\\_the\\_unpaid\\_health\\_bill\\_how\\_coal\\_power\\_plants\\_make\\_us\\_sick\\_final.pdf](http://www.env-health.org/IMG/pdf/heal_report_the_unpaid_health_bill_how_coal_power_plants_make_us_sick_final.pdf). — Date of access: 12.07.2016.
3. Бауманн, Р. Рамочный план организации мониторинга взвешенных веществ в атмосфере в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии / Р. Бауманн, М. Кржыжановски, С. Чичерин; Европ. центр по окружающей среде и охране здоровья ВОЗ. — Бонн: ВОЗ, 2006. — 52 с.
4. Air quality guidelines — global update 2005 / WHO Regional Office for Europe. — Copenhagen, 2006. — 484 p.
5. Health impact of PM<sub>10</sub> and ozone in 13 Italian cities / WHO Regional Office for Europe. — Copenhagen, 2006. — 133 p.
6. Fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in China at a city level: Scientific reports [ Electronic resource ]. — Mode of access: <http://www.nature.com/articles/srep14884#seasonal-variation-of-pm-sub-2-5-sub-pollution-in-china>. — Date of access: 10.07.2016.
7. Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality / A. Analitis [et al.] // Epidemiology. — 2006. — Vol. 17, № 2. — P. 230–233.

## PARTICULATE MATTER AIR POLLUTION (PM<sub>10</sub> AND PM<sub>2.5</sub>) IN THE COAL TPP AREA

*Maremukha T.P., Petrosian A.A.*

*State Institution “O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”,  
Kyiv, Ukraine*

Due to the lack of monitoring of suspended particles in Ukraine there was measured levels of particulate matter air pollution with a diameter 10 and 2.5 microns in one of the Ukrainian cities. The sampling was carried out at 7 points, located in the TPP area based on a preliminary assessment of the seasonal trends of atmospheric airflows, from TPP stationary pollution sources and the city's infrastructure. Instrumental measurement of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations in ambient air was conducted in the spring and summer period using portable analyzers dustiness Con.Tec Personal Dust Monitor PM10-PM2.5-PM-1 (Italy). Determination of indications in real-time mode, were conducted during one hour with averaging 1 minute for 3 sequences per day (08.00 — 09.00; 13.00 — 14.00; 18.00 — 19.00), which allowed to assess the results and compare them with 24-hour averaging time, recommended by the WHO. Comparative analysis of the averaged concentrations PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> revealed exceeding of recommended levels in 43% of measurements. Levels of average concentrations of the city accounted for PM<sub>10</sub> — 39 µg/m<sup>3</sup> (in the range from 11 to 67 µg/m<sup>3</sup>) for PM<sub>2.5</sub> — 23 µg/m<sup>3</sup> (in a range from 4 to 47 µg/m<sup>3</sup>). The obtained data further will be used for subsequent assessment and analysis of potential human health risk, caused by air pollution emission of TPP and the development of preventive measures for the population.

**Keywords:** ambient air, TPP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>.

Поступила 19.07.2016

## ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ АГРЕССИИ УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

*Нежвинская О.Е.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Фенотипические факторы агрессии условно-патогенных бактерий, такие как антибиотикорезистентность, способность к пленкообразованию, персистентные свойства хорошо изучены у штаммов микроорганизмов, участвующих в развитии инфекционных заболеваний. Однако распространенность бактерий, характеризующихся высоким патогенным потенциалом, в различных объектах среды обитания изучена недостаточно. В статье приведено обоснование необходимости определения факторов агрессии условно-патогенных микроорганизмов при оценке гигиенической безопасности объектов среды обитания с высоким потенциальным риском микробного загрязнения.

**Ключевые слова:** среда обитания, условно-патогенные бактерии, антибиотикорезистентность, персистенция, биопленки.

**Введение.** При оценке гигиенической безопасности объектов среды обитания человека большое значение имеет анализ микробиологических рисков. Качественный и количественный состав микрофлоры наиболее значим для объектов, связанных с производством, хранением и потреблением продуктов питания, источников водоснабжения, используемых для питьевых или рекреационных целей, а также мест, где находятся люди, относящиеся к группе риска — лица с ослабленным иммунитетом, дети, пожилые люди и др. Микроорганизмы, присутствующие в различных объектах среды обитания, попадая в человеческий организм алиментарным или контактным путем могут привести к развитию различных инфекционных заболеваний.

В настоящее время в развитии инфекционной патологии возрастает роль условно-патогенных микроорганизмов, что связано с их повсеместным распространением и большой гетерогенностью популяций [1]. В связи с отсутствием специфических входных ворот заболевания, вызываемые условно-патогенными бактериями, характеризуются полиэтиологичностью нозологических форм и полиорганным тропизмом возбудителей, малой специфичностью клинической картины, частым переходом в хронические и смешанные формы, низкой эффективностью терапии и противоэпидемических мероприятий, высокими социально-экономическими потерями [2]. Штаммы условно-патогенных микроорганизмов, выделенные у лиц с инфекционными заболеваниями, часто отличаются выраженной антибиотикорезистентностью, наличием адгезивной, гемолитической, антилизоцимной, антиинтерфероновой, лецитовителазной, ДНК-азной активностей. Большой вклад в потенциал агрессии вносит также способность микроорганизмов к пленкообразованию [3, 4].

Возрастающая частота встречаемости фено- и генотипических факторов агрессии условно-патогенной микрофлоры свидетельствует о целесообразности изучения этого явления у данной группы бактерий, в т. ч. и с целью обеспечения гигиенической безопасности среды обитания человека. При этом распространенность бактерий, характеризующихся наличием неспецифических факторов агрессии в различных объектах среды обитания, недостаточно изучена.

**Цель работы** — анализ литературных данных для определения значимости различных фенотипических признаков микроорганизмов, определяющих потенциал агрессии штаммов, а также для оценки необходимости исследования факторов агрессии условно-патогенных бактерий, распространенных в различных объектах среды обитания человека.

**Результаты и их обсуждение.** Санитарная микробиология контролирует содержание условно-патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах, питьевой воде, косметической продукции, изделиях медицинского назначения, а также различных объектах среды обитания человека, в т. ч. на поверхностях, контактирующих с пищевыми продуктами, объектах технологической среды, поверхностных водных объектах, используемых человеком и др. Хотя во всех исследуемых объектах регламентируется отсутствие патогенных микроорганизмов, содержание санитарно-показательных или условно-патогенных бактерий допускается в безопасных концентрациях. При этом, например, согласно Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), решение комиссии таможенного союза № 299 от 28.05.2010, в различных группах пищевых продуктах допускается содержание от единичных клеток до  $10^3$  колониеобразующих единиц коагулазоположительных стафилококков и колиформных бактерий на  $г/см^3$  продукта. Оценка факторов агрессии выделенных штаммов условно-патогенных микроорганизмов не проводится.

В рамках концепции «оценки рисков здоровью» Комиссии Codex Alimentarius процедура оценки гигиенической безопасности пищевой продукции с учетом микробиологических рисков включает следующие этапы: идентификация опасности, оценка экспозиции, характеристика опасности и характеристика риска исследуемого объекта. При этом этапы оценки рисков включают не только выявление и видовую идентификацию микроорганизмов, но и создание профиля риска на основании изучения варибельности свойств конкретного микроорганизма. Характеристика патогенных микроорганизмов при оценке риска здоровью, связанного с микробиологическим загрязнением объектов среды обитания, должна включать в себя видовую идентификацию микроорганизма, наличие и характеристику факторов агрессии и вирулентности, частоту выявления и концентрацию, выживаемость и способность к размножению в исследуемых объектах среды, устойчивость к воздействию технологических, дезинфицирующих и других факторов среды [5].

В настоящее время в клинической микробиологии широко изучаются фенотипические факторы агрессии условно-патогенных микроорганизмов, являющихся возбудителями инфекционных заболеваний или участвующих в развитии воспалительных процессов различных органов и тканей, а также распространенность штаммов, характеризующихся антибиотикорезистентностью, персистентными свойствами, способностью к пленкообразованию в лечебных учреждениях.

Антибиотикорезистентность условно-патогенных бактерий и распространенность резистентных штаммов в условиях учреждений здравоохранения является большой проблемой в клинической микробиологии в связи с более высокими адаптационными возможностями таких микроорганизмов по сравнению с возбудителями классических инфекций. В зависимости от типа лечебного учреждения виды резистентных микроорганизмов и антибиотики, к которым они устойчивы, могут значительно варьировать [6]. Широкому распространению антибиотикоустойчивых штаммов способствует возможность горизонтальной передачи, в т. ч. и межвидовой, генов резистентности через плазмидные или внеклеточные ДНК. Через заболелвших и бактерионосителей резистентные микроорганизмы могут распространяться в различных объектах среды обитания.

В связи с нерациональным использованием антибиотиков и ростовых стимуляторов в ветеринарии во всем мире также наблюдается проблема возникновения и распространения антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов на предприятиях переработки продукции животного происхождения с дальнейшей контаминацией пищевых продуктов и других объектов среды, в т. ч. и поверхностных водных источников. Согласно *Codex Alimentarius* (CAC/RCP 61-2005) «Нормы и правила по минимизации и препятствию возникновения устойчивости к антимикробным препаратам» основным принципом контроля возникновения резистентности микроорганизмов к антимикробным веществам является структурированный подход к исследованию и регистрации случаев распространенности лекарственной устойчивости микроорганизмов, в т. ч. исследование уровня обмена детерминант устойчивости к антибиотикам в окружающей среде.

Более 99% всех бактериальных сообществ в окружающей среде находится в виде биопленок, расположенных на поверхности разделения фаз твердой-жидкой или жидкой-газообразной [6]. Образование биопленок является успешной стратегией для выживания микроорганизмов в неблагоприятных условиях среды. Биопленки представляют собой сложный строго регулируемый биологический комплекс, состоящий из одного или нескольких видов микроорганизмов, окруженных межклеточным матриксом. В состав биопленок могут входить простейшие, одноклеточные грибы, микроскопические водоросли, а также некультивируемые или покоящиеся формы бактерий, в т. ч. патогенных микроорганизмов. Фенотип биопленки отличается от суммы свойств планктонных клеток, входящих в состав биопленок, и характеризуется высоким уровнем устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, в т. ч. к воздействию антибиотиков, дезинфектантов, а также физических факторов среды.

Способность к пленкообразованию в настоящее время в клинической микробиологии рассматривается как фактор агрессии микроорганизмов. Большое количество инфекционных процессов, особенно связанных с имплантированными изделиями медицинского назначения, вызывается пленкообразующими бактериями. Бактерии и грибы в составе биопленок выживают в присутствии антибиотиков, количества которых в 500–1000 раз больше, чем их минимальная подавляющая концентрация. Основными факторами устойчивости биопленочных бактерий к антибиотикам является:

- уменьшение доступа препарата к клеткам вследствие экранирования поверхностной оболочкой и неклеточными компонентами биопленки, а также снижения свободной поверхности клеток за счет их контакта между собой;
- связывание или инактивация антибиотика компонентами матрикса биопленки;
- перераспределение генов антибиотикоустойчивости, в т. ч. межвидовое через внеклеточную ДНК, а также прямой обмен генов устойчивости между клетками биопленки [6].

Биопленкообразующие микроорганизмы имеют большое значение при оценке гигиенической безопасности пищевой продукции. Согласно требованиям НАССР методы дезинфекции, используемые на предприятиях пищевой промышленности, должны обеспечивать отсутствие бактериальных пленок на поверхностях, контактирующих с пищевыми продуктами. Образование биопленок на поверхности объектов технологической среды, в т. ч. на предприятиях пищевой промышленности, приводит к увеличению риска контаминации пищевых продуктов патогенными микроорганизмами. Бактериальные штаммы, входящие в состав биопленок, устойчивы к воздействию дезинфицирующих средств. Некоторые штаммы патоген-

ных микроорганизмов, такие как *Listeria monocytogenes*, могут усиливать пленкообразующую способность сокультивируемых микроорганизмов, при этом бактерии, входящие в состав биопленок, не всегда выявляются с использованием классических микробиологических методов. В природных экосистемах развитие пленкообразующих микроорганизмов может вызывать ухудшение экологической обстановки, например, образование цианобактериальной пленки на поверхности водоемов приводит к снижению концентрации свободного кислорода в воде и ухудшению качества воды.

Персистентный фенотип является эпигенетическим свойством бактериальной субпопуляции, способствующим длительному выживанию микроорганизмов в неблагоприятных условиях, проявляющимся путем спонтанного обратимого переключения от нормальной к персистирующей клетке. В окружающей среде факторы персистенции не используются микроорганизмами для нормальной жизнедеятельности. При этом, транзитивно попадая в макроорганизм, условно-патогенные бактерии с персистентным фенотипом могут длительно существовать (персистировать) в антагонистических отношениях с резидентной микрофлорой, используя в качестве защиты секретируемые бактериальные субстанции. Факторы, способствующие подавлению естественной резистентности макроорганизма, можно считать биомаркерами потенциала агрессии условно-патогенных бактерий. Наличие антилизозимной, антиинтерфероновой, гемолитической, лецитиназной, каталазной, супероксиддисмутазной, ДНК-азной, антилактоферриновой активностей и других факторов персистенции выявлено у условно-патогенных микроорганизмов, являющихся возбудителями инфекционных заболеваний [7]. Факторы персистенции могут встречаться не во всей бактериальной популяции, а только у небольшого количества бактериальных клеток. При культивировании микроорганизмов на полноценных питательных средах возможно обратное ревертирование от персистентного к дикому фенотипу практически всей микробной популяции.

**Заключение.** Таким образом, в результате анализа литературных данных и собственных экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что для оценки гигиенической безопасности в рамках концепции «оценки рисков здоровью» целесообразно изучать распространенность условно-патогенных микроорганизмов, характеризующихся наличием фенотипических факторов агрессии в различных объектах среды обитания. Наибольшее значение имеет выявление таких штаммов условно-патогенных бактерий в объектах среды с высоким уровнем микробиологических рисков, в т. ч. на предприятиях пищевой промышленности, в пищевых продуктах и водных объектах.

#### Литература

1. Абаев, Ю.К. Проблема инфекции в хирургии [Электронный ресурс] / Ю. К. Абаев // Мед. новости. — 2010. — № 5/6. — Режим доступа: <http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=4665>. — Дата доступа: 14.07.2016.
2. Проблема внутрибольничных инфекций в Республике Беларусь: основные направления, перспективы борьбы и профилактики / Е.И. Гудкова [и др.] // Белорус. мед. журн. — 2005. — № 2. — С. 4–7.
3. Гульнева, М.Ю. Факторы персистенции условно-патогенных микроорганизмов, выделенных у больных ревматическими заболеваниями / М.Ю. Гульнева, А.Ю. Кулибин, Э.В. Малафеева // Фундамент. исследования. — 2011. — № 9. — С. 45–47.
4. Глушанова, Н.А. Бактериальные биопленки в инфекционной патологии человека / Н.А. Глушанова, А.И. Блинов, Н.Б. Алексеева // Медицина в Кузбассе. — 2015. — Спецвып. 2. — С. 30–35.
5. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития / Под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. — М.; Пермь, 2014. — 738 с.
6. Тец, В.В. Микроорганизмы и антибиотики. Инфекции кожи, мягких тканей, костей и суставов / В.В. Тец. — СПб.: КЛЕ-Т, 2006. — 128 с.
7. Факторы, способствующие персистенции условно-патогенных микроорганизмов / Л.В. Михайлова [и др.] // Вестн. ВолГМУ. — 2010. — № 4 (36). — С. 76–79.

## PHENOTYPIC FACTORS OF OPPORTUNISTIC MICROORGANISMS AGGRESSION

*Nezhvinskaya O.E.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The phenotypic factors of opportunistic microorganisms aggression, such as antibiotic-resistance, biofilm-forming ability, persistence, have been well studied in microbial strains involved in the development of infectious diseases. But the prevalence of bacteria with a high level of pathogenic potential in environment has been investigated deficiently. The necessity basis of the aggression factors determination of opportunistic microorganisms with assessment of the hygienic safety of environment with high potential microbial risks has been performed in the article.

**Keywords:** environment, opportunistic bacteria, antibiotic-resistance, persistence, biofilms.

Поступила 19.07.2016

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС

*Николаенко Е.В., Кавецкий А.С.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты оценки подходов по обеспечению радиационной безопасности населения за счет ограничения поступления радионуклидов с пищевыми продуктами, загрязненными после катастрофы на ЧАЭС, на разных этапах поставарийного периода. Анализ включал оценку подходов по ограничению поступления радионуклидов с пищевыми продуктами в различные периоды (фазы) реагирования на аварию на ЧАЭС — в ситуации аварийного облучения, а также в отдаленный период спустя 30 лет после аварии — в ситуации существующего облучения. На основе анализа загрязненности цезием-137 и стронцием-90 пищевых продуктов и оценки подходов по нормированию данных радионуклидов в послеаварийный период обоснованы предложения по оптимизации системы нормирования и контроля радионуклидов в пищевых продуктах в ситуации существующего облучения и с учетом новых рекомендаций МАГАТЭ: Radiation Protection

and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, GSR Part 3, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, GSR Part 7, а также технических нормативных правовых актов Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, цезий-137, стронций-90, радиационная авария, ЧАЭС, референтный уровень, допустимый уровень, ситуация аварийного облучения, ситуация существующего облучения.

**Введение.** В результате аварии на Чернобыльской АЭС загрязнению цезием-137 с уровнем выше 37 кБк/м<sup>2</sup> подверглось 46,5 тыс. км<sup>2</sup> территории Беларуси (23% от всей территории), уровни загрязнения территории стронцием-90 с плотностью выше 5,5 кБк/м<sup>2</sup> зарегистрированы на площади 21,1 тыс. км<sup>2</sup> (около 10% от всей территории Беларуси). Радионуклидами йода была загрязнена практически вся территория страны, наибольшие уровни выпадения йода-131 были в ближней зоне ЧАЭС: в Брагинском, Хойникском, Наровлянском районах Гомельской области, где его содержание в почвах составило 37000 кБк/м<sup>2</sup> и более. В Чечерском, Кормянском, Буда-Кошелевском, Добрушском районах уровни загрязнения достигали 18500 кБк/м<sup>2</sup>. В Могилевской области наибольшее загрязнение отмечалось в Чериковском и Краснопольском районах (5550–11100 кБк/м<sup>2</sup>).

Спустя 30 лет в результате радиоактивного распада радионуклидов обстановка на загрязненных в результате ЧАЭС территориях республики значительно улучшилась. Так, в 2015 г. площадь территории, загрязненной цезием-137, уменьшилась до 27,4 тыс. км<sup>2</sup> (с 23 до 13,6%, или в 1,7 раза), а загрязненной стронцием-90 — до 11,2 тыс. км<sup>2</sup> (с 10 до 5,3%, или в 1,9 раза) [1]. Загрязнение радионуклидами плутония и америция территории республики регистрируются в ближней зоне (ПГРЭЗ) вокруг ЧАЭС.

С целью ограничения внутреннего облучения населения за счет потребления пищевых продуктов и питьевой воды, загрязненных в результате аварии, используется такая ранняя защитная мера, как запрет на потребление местных пищевых продуктов и воды, затем после радиационного контроля и соответствия продукции по содержанию радионуклидов установленным нормативам возможно разрешение на ее употребление. В 1986 г., когда произошла катастрофа на ЧАЭС, отсутствовали нормативы содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде. Затем после аварии как в раннем периоде, так и отдаленном, вводились различные временные контрольные уровни, временные допустимые уровни, допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде. На раннем этапе аварии устанавливались нормативы для йода-131, β-излучающих радионуклидов, цезия-134 и 137, а затем в восстановительной фазе и последующих фазах аварии — для цезия-137 и стронция-90. Данные нормативы неоднократно пересматривались с учетом радиационной обстановки и различных условий, включая наличие лабораторно-технической базы, необходимой для определения соответствия нормативам, и разрабатывались с целью непревышения пределов доз облучения населения. Так, первые нормативы рассчитывались, исходя из непревышения годовой эффективной дозы внутреннего облучения 50 мЗв/г. в 1986 г., а затем ужесточались вплоть до непревышения 1 мЗв/г. (1992 г. и последующие годы) и 0,98 мЗв/г. — РДУ-99.

Ситуации существующего облучения после катастрофы на ЧАЭС характеризуются стабильностью обстановки в отношении загрязненности пищевых продуктов радионуклидами и незначительными дозами облучения населения, которые в большинстве населенных пунктов не превышают 1 мЗв/г. по сравнению с ранней и промежуточной фазами аварии, при которых использование нормативов является единственной мерой ограничения доз внутреннего облучения населения за счет пищевых продуктов, при этом отмечается наличие различных дозообразующих радионуклидов (коротко- и долгоживущих) и больших объемов не соответствующих нормативам продуктов питания. При этом предотвращенные дозы облучения населения за счет запрета на потребление пищевых продуктов, загрязненных выше нормативов, в ранней и восстановительной фазах аварии являются весьма значительными и оправдывают на тот период большие объемы радиационного контроля и бракеража продукции. В отдаленный период после катастрофы на ЧАЭС радиационно-экологическая ситуация на загрязненных территориях Республики Беларусь значительно улучшилась, в т. ч. благодаря постоянным сельскохозяйственным мероприятиям, в такой ситуации сложились предпосылки для пересмотра и оптимизации подходов по организации радиационного контроля и мониторинга пищевых продуктов.

**Цель работы** — анализ защитной меры по ограничению облучения населения за счет запрета на потребление пищевых продуктов выше установленных нормативов на различных этапах ликвидации радиационной аварии и обоснование предложения по оптимизации радиационного контроля пищевых продуктов в ситуации существующего облучения.

**Материалы и методы.** Использованы результаты собственных научных исследований, выполненных в 2014–2016 гг. в рамках Программы совместной деятельности по преодолению последствий аварии в рамках Союзного государства на период до 2016 г., и опубликованные научные данные по ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС. Для анализа использованы данные радиационного контроля и мониторинга пищевых продуктов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, Министерства здравоохранения и Министерства сельского хозяйства и продовольствия.

**Результаты и их обсуждение.** Первые дни радиационной аварии на ЧАЭС характеризовались изменчивой радиационной обстановкой, выброс на протяжении первых 4 дней был обусловлен взрывом и содержанием радионуклидов йода, цезия и инертных радиоактивных газов; второй выброс в течение 7–10 дней после аварии был обусловлен расплавлением топлива. В первые недели после катастрофы на ЧАЭС за счет короткоживущих изотопов, прежде всего радионуклидов йода, практически на всей территории Беларуси регистрировалось значительное повышение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. В некоторых населенных пунктах она достигала 500 мкЗв/ч, что в несколько тысяч раз выше естественного радиационного фона. Негативное воздействие на здоровье населения в наибольшей степени оказал йод-131. После распада йода-131 и других короткоживущих изотопов с середины 1986 г. на большей части аварийного следа на территории страны определяющими в загрязнении являлись цезий-134 и цезий-137, а в некоторых районах также стронций-90. В некоторых районах в 200 км в северо-восточном направлении от станции (Гомельская и Могилевская области) плотность загрязнения цезием-137 превышала 1500 кБк/м<sup>2</sup>, а максимальный уровень достигал около 60000 кБк/м<sup>2</sup> и был зарегистрирован в отдельных населенных пунктах как ближней (Брагинский район Гомельской области), так и дальней зоны (Чериковский район Могилевской области). Выпадения стронция-90 имели место в ближней зоне ЧАЭС. Максимальные уровни стронция-90 достигали величины 1800 кБк/м<sup>2</sup> в пределах 30-километровой зоны ЧАЭС (в Хойникском районе Гомельской области). Содержание йода-131 в продуктах питания в дальней зоне аварийного следа ЧАЭС в первые дни после аварии колебалось в широком диапазоне, а наиболее загрязненными были листовая зелень и молоко (таблица) [6].

Таблица — Удельная активность йода-131 в местных продуктах питания в дальней зоне аварийного следа ЧАЭС, Бк/кг сырой массы

Компонент	02.05.1986 (7-й день после аварии)	12.05.1986 (17-й день после аварии)
Речная вода (питьевая)	110	11
Молоко	85	70
Хлеб	110	2
Салат	520	63
Лук зеленый	14	26

Одной из защитных мер при радиационной аварии является ограничение потребления загрязненных радионуклидами пищевых продуктов, что является эффективным на протяжении всего периода реагирования. На раннем этапе аварии основными радионуклидами, формирующими дозу внутреннего облучения населения за счет пищевого пути, являлись радионуклиды йода, цезия и стронция. Однако на момент аварии на ЧАЭС в СССР отсутствовали нормативы содержания радионуклидов в продуктах и питьевой воде. В 1986 г. действовали нормы радиационной безопасности (НРБ-76), которыми не были установлены нормативы содержания аварийных радионуклидов в пищевых продуктах. В СССР первые нормативы содержания йода-131 в продуктах были введены 06.05.1986 (11-й день аварии), т. е. не были эффективными из-за запоздалости их внедрения и были сложны в использовании в связи со специфичностью лабораторных исследований по определению йода. Данные контрольные уровни содержания йода-131 в воде и молоке составляли 3700 Бк/кг, были также установлены допустимые уровни для молочных продуктов, рыбы и листовых овощей. Затем 30.05.1986 (практически через 1 мес. после аварии) были введены временные допустимые уровни для суммарной  $\beta$ -активности радионуклидов в продуктах (например, молоко и вода — 370 Бк/л), которые были установлены уже для большего перечня продуктов. Регламентация радионуклидов цезия-134 и 137 была введена через полгода — 15.12.1987, а ВДУ, утвержденные 06.10.1988 и 22.01.1991, устанавливали нормативы для двух радионуклидов цезия и стронция-90. Данные контрольные и допустимые уровни разрабатывались для непревышения годовых квот на внутреннее облучение населения, которые составляли: 50 мЗв (1986), 10 мЗв (1987), 8 мЗв (1998–1992) и 5 мЗв (1993–1997) [6].

При этом объемная активность радионуклидов цезия в молоке оставалась практически неизменной, но ужесточилось содержание радионуклидов в молочных и других группах продуктов.

Введение допустимых уровней содержания радионуклидов в поставарийный период имело многоступенчатый характер и зависело от основных дозообразующих радионуклидов и наличия инструментально-лабораторной базы. В 1990 г. в Республике Беларусь были утверждены первые национальные нормативы — «Республиканские контрольные уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде (РКУ-90)», которые действовали в 1990–1992 гг. Нормативы РКУ-90 учитывали конкретные послеварийные условия и были рассчитаны на то, чтобы годовая доза внутреннего облучения критической группы населения Беларуси за счет поступления радионуклидов с пищевыми продуктами не превышала 1,7 мЗв. В дальнейшем принимались республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде: РДУ-92 (для сравнения: молоко — 111 Бк/л, картофель — 370 Бк/кг), РДУ-96 (для сравнения: молоко — 111 Бк/л, картофель — 100 Бк/кг), РДУ-99 (молоко — 100 Бк/л, картофель — 80 Бк/кг), которые обеспечивали непревышение предела годовой дозы облучения населения в 1 мЗв, рассчитаны исходя из рациона питания населения и достигнутых уровней содержания радионуклидов в продуктах [2]. В настоящее время действуют РДУ-99, разработанные, исходя из непревышения годовой эффективной дозы облучения населения цезием-137 — 0,9 мЗв и стронцием — 0,08 мЗв.

Используемые на раннем этапе аварии нормативы содержания аварийных радионуклидов в пищевых продуктах ( $\beta$ -радионуклиды, радионуклиды цезия, стронция, йода) позволили ограничить их поступление с пищевыми продуктами, хотя в отношении радионуклидов йода данная мера была использована с опозданием. Нормативы содержания радионуклидов в пищевых продуктах подвергались постоянной переработке с учетом фаз аварии и радиоэкологической обстановки, загрязненности пищевых продуктов, потребления основных продуктов питания населением.

В отдаленном периоде после катастрофы на Чернобыльской АЭС спустя 30 лет радиационная обстановка на загрязненной радионуклидами территории республики значительно улучшилась. С 1990-х по 2014 гг. количество проб, а также число пунктов, в которых регистрируются превышения РДУ-99, значительно снизилось. Объемы производимого в общественном секторе молока выше допустимого уровня содержания цезия-137 в 1986–1989 гг. колебались от 70 до 525 тыс. т в год, в 1991–1995 гг. — от 8 до 22, а с 2006 по 2014 гг. зарегистрировано всего 740 т молока с содержанием Cs-137 выше 100 Бк/л, которое было направлено на переработку [3].

В последние годы превышения РДУ-99 регистрируются в отдельных сельскохозяйственных организациях в молоке, картофеле и продовольственном зерне. Продукция, производимая в частном секторе, практически вся соответствует допустимым уровням. В 2015 г. в пищевых продуктах и питьевой воде, взятых на исследование в госсекторе, превышения содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 не зарегистрировано. В 13 пробах (1%) из частного сектора выявлены превышения норм: молоко, молокопродукты, грибы, а также рыба, выловленная в водоемах в чернобыльских районах. Так, в пробе рыбы местного улова в Ветковском районе удельная активность содержания цезия-137 составила 1242 Бк/кг при нормативе 370 Бк/кг. Превышения зарегистрированы в пробах молока в Наровлянском и Брагинском районах — удельная активность содержания цезия-137 составила от 147 до 216 Бк/л при нормативе 100 Бк/л. В пробах молокопродуктов в Наровлянском районе удельная активность содержания цезия-137 составила от 230 до 245 Бк/кг, л (норматив — 100 Бк/кг, л). В пробах дикорастущих ягод и консервированных продуктов из них в Гомельском, Добрушском, Лельчицком, Мозырском, Светлогорском районах удельная активность содержания цезия-137 составила от 193 до 273 Бк/кг (норматив — 185 Бк/кг). В пробах свежих грибов и продуктов их переработки в Ветковском и Чечерском районах удельная активность содержания цезия-137 составила от 418 до 786 Бк/кг (норматив — 370 Бк/кг).

С 1986 по 2010 гг. площадь территории республики с уровнем загрязнения цезием-137 свыше 37 кБк/м<sup>2</sup> в связи с его естественным распадом уменьшилась и составила: Гомельская область — 18,33 тыс. км<sup>2</sup>, Могилевская — 7,88 тыс. км<sup>2</sup>, Брестская — 2,37 тыс. км<sup>2</sup>, загрязнены около 45,37; 27,08 и 7,23% территорий соответственно.

В 2011 г. превышения допустимых уровней содержания цезия-137 в молоке из личных подсобных хозяйств (ЛПХ) регистрировались только в молоке из 12 населенных пунктов, а в 2015 г. установлено всего 8 населенных пунктов, в которых выявлены их превышения: 5 населенных пунктов в Гомельской области, 2 населенных пункта в Брестской и 1 населенный пункт в Могилевской (рисунок 1). При этом максимальная удельная активность цезия-137 зарегистрирована в молоке из Гомельской области и составила 2978,9 Бк/л [5]. Для сравнения: в 1998 г. количество таких населенных пунктов составило 451 (299 — Гомельская область, 80 — Брестская, 63 — Могилевская, 2 — Гродненская и 7 — Минская), при этом максимальная удельная активность цезия-137 в молоке Гомельской области составляла 2575 Бк/л.

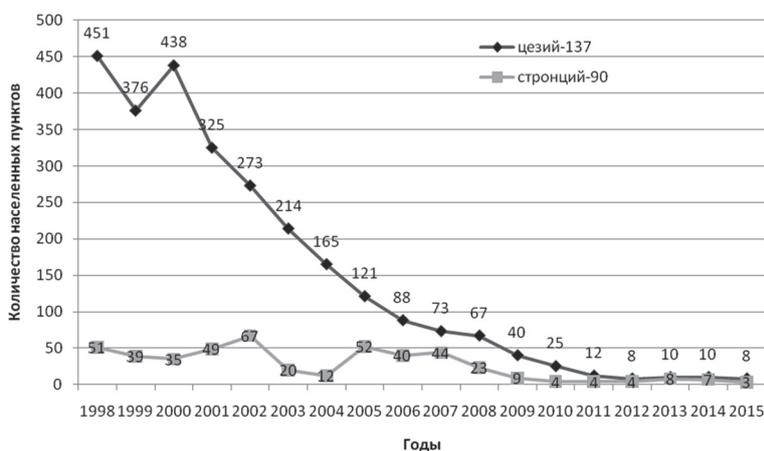


Рисунок 1. — Динамика количества населенных пунктов Республики Беларусь, в которых выявлены превышения допустимых уровней содержания цезия-137 и стронция-90 в молоке

В отношении загрязненности стронцием-90 пищевых продуктов из частного сектора установлено, что в 2015 г. превышения допустимых уровней в молоке из личных подсобных хозяйств были зарегистрированы только в 3 населенных пунктах Гомельской области, при этом максимальная удельная активность стронция-90 в молоке составила 9,2 Бк/л (рисунок 1) [5]. Для сравнения: в 1998 г. превышения допустимых уровней в молоке из ЛПХ были зарегистрированы в 51 населенном пункте Гомельской области, а максимальная удельная активность стронция-90 в молоке составляла 22,5 Бк/л.

В 1986–1990 гг. ежегодно производилось 25–340 тыс. т зерна, несоответствующего допустимым уровням содержания цезия-137 (90 Бк/кг). Однако в 2001–2014 гг. общий объем такого зерна составил только 1,2 тыс. т (рисунок 2). Также за 2001–2014 гг. не зарегистрировано случаев производства картофеля со сверхнормативным содержанием цезия-137 (80 Бк/кг), например, в 1986–1990 гг. было произведено 117,4 тыс. т картофеля, не соответствующего действующим требованиям (рисунок 2) [3].

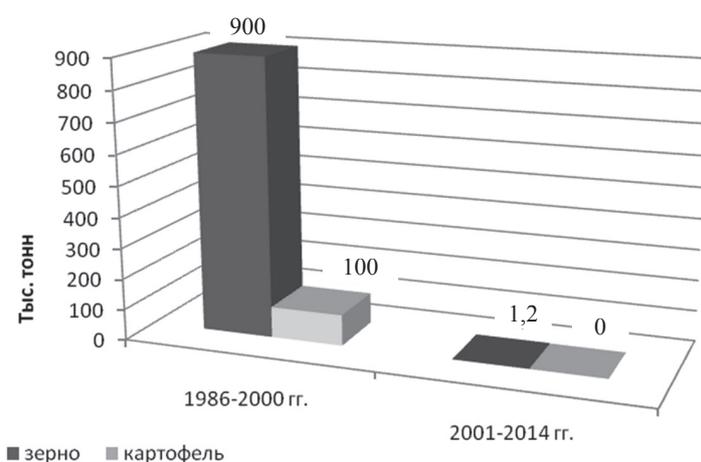


Рисунок 2. — Объем производства зерна и картофеля с превышением допустимых уровней содержания цезия-137 в Республике Беларусь (общественный сектор)

В последнее время ежегодные объемы зерна, непригодного для пищевых целей по содержанию стронция-90 (более 11 Бк/кг), колеблются в среднем от 25 до 60 тыс. т. В 2014 г. объем такого зерна составил 60 тыс. т (рисунок 3). В отдельные годы отмечаются случаи производства картофеля с повышенным содержанием стронция-90 (более 3,7 Бк/кг), непригодного для пищевых целей. В 2006–2011 гг. зарегистрировано около 1,2 тыс. т такого картофеля [3].

С 2012 г. превышений допустимых уровней содержания стронция-90 в картофеле не зарегистрировано, только в 2014 г. превышения допустимых уровней зарегистрированы в 20 т пищевого продукта, что указывает на необходимость продолжения радиационного контроля картофеля в связи с нестабильностью ситуации (рисунок 3).

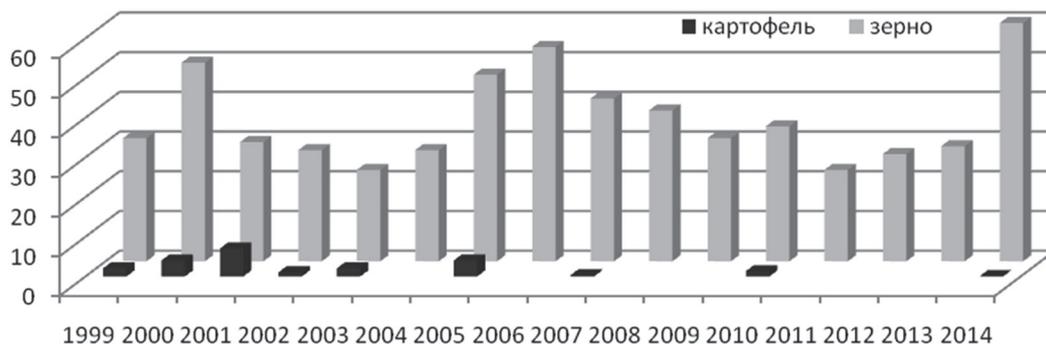


Рисунок 3. — Объем производства зерна и картофеля с превышением допустимых уровней содержания стронция-90 в Республике Беларусь (общественный сектор)

В мясе с 2004 г. не зафиксировано случаев превышения допустимых уровней содержания цезия-137 (более 500 Бк/кг), для сравнения: в 1990–1995 гг. объем мяса, загрязненного цезием-137 более 500 Бк/кг, составил около 5 т, а в диапазоне от 200 до 500 Бк/кг — 424,5 т. В 2013 г. произведено 23 т говядины с удельной активностью цезия-137 от 200 до 500 Бк/кг, в 2014 г. — 31,1 т.

В отношении пищевой продукции леса ситуация остается практически неизменной: превышение РДУ-99 по содержанию цезия-137 регистрируется в 40–50% проб. Превышение допустимых уровней содержания цезия-137 в лесных ягодах, грибах, мясе диких животных, рыбе местного улова ежегодно регистрируется во всех областях республики, однако наибольшее количество превышений принадлежит пищевой продукции леса из Гомельской области как наиболее загрязненной в результате аварии на ЧАЭС. В 2015 г. максимальная удельная активность цезия-137 в пробах грибов составила 128442,1 Бк/кг, в лесных ягодах — 2660 Бк/кг, в мясе диких животных — 5032,4 Бк/кг. В 1998 г. максимальная удельная активность грибов составляла 42180 Бк/кг, лесных ягод — 3734 Бк/л, мяса диких животных — 31500 Бк/кг. В связи с отсутствием эффективных реабилитационных мер по снижению загрязненности пищевой продукции леса основной мерой по защите населения является радиационный контроль таких пищевых продуктов перед их употреблением и информационная работа с населением.

ВКУ и ВДУ в поставарийный период определялись для непревышения эффективной дозы облучения населения установленной на тот период (от 50 до 1 мЗв/год), что было обусловлено изменением радиационной обстановки на момент принятия решения, однако отсутствие заранее утвержденных аварийных критериев для радиационной защиты населения явилось усугубляющим фактором и формировало недоверие населения из-за постоянных изменений нормативной базы. В настоящее время в соответствии с современными требованиями МАГАТЭ (GSR Part 7, 2015) референтные уровни содержания аварийных радионуклидов в пищевых продуктах на случай аварии должны рассчитываться, исходя из непревышения дозы облучения населения 10 мЗв/год, а для международной торговли — 1 мЗв/год. Важным является наличие заранее утвержденных референтных уровней для защитных мероприятий на случай аварии и определенных процедур по их пересмотру. При этом рекомендуется не снижать уровень радиационной защиты населения, а именно устанавливать более высокие, чем действующие референтные уровни для радиационной защиты в случае радиационной аварии.

В отношении ситуации существующего облучения в соответствии с требованиями МАГАТЭ и национальными санитарными нормами и правилами необходимо устанавливать референтные уровни содержания радионуклидов с учетом достигнутой радиационной обстановки, которые будут использоваться для оптимизации реабилитационных и поддерживающих мер на таких территориях. В такой ситуации не требуются аварийные защитные мероприятия и необходим переход от радиационного контроля к мониторингу радиационной обстановки и доз облучения населения.

**Заключение.** В Республике Беларусь отмечается значительное улучшение ситуации в отношении загрязненности цезием-137 и стронцием-90 пищевых продуктов и сырья, произведенного в общественном секторе и частных подворьях.

В соответствии с международными рекомендациями и требованиями нормативных правовых и технических нормативных правовых актов Республики Беларусь в области радиационной безопасности облучение населения, проживающего на территориях, загрязненных в результате радиационной аварии, такой как катастрофа на Чернобыльской АЭС, при этом учитывая ситуацию спустя 30 лет после аварии, необходимо ограничивать как для ситуации существующего облучения. В соответствии с национальными требованиями должны устанавливаться референтные уровни, которые являются уровнем дозы, риска или активности радионуклидов, выше которого планировать допустимое облучение неприемлемо, а ниже которого следует продолжать оптимизацию защиты и безопасности.

В отдаленном периоде после аварии на Чернобыльской АЭС необходимо пересмотреть подходы к радиационному контролю с учетом вероятности превышения референтных уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах. Референтные уровни должны устанавливаться с учетом сложившейся радиационной обстановки, социально-экономических показателей, а также реально достигнутых уровней содержания цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах.

В связи с улучшением радиационной обстановки и необходимостью перехода к ситуации существующего облучения предлагается сократить перечень подлежащих радиационному контролю пищевых продуктов, произведенных в населенных пунктах, расположенных в зоне радиоактивного загрязнения. Данный перечень должен включать продукты, в которых ежегодно регистрируются превышения референтных уровней цезия-137 и стронция-90 и требуют радиационного контроля:

молоко и молокопродукты, мясо (дичь, говядина, баранина), рыба, зерно для пищевых целей, хлеб и хлебобулочные изделия, пищевая продукция леса (грибы, лесные ягоды), картофель и овощи. Объемы радиационного контроля должны зависеть от радиационной обстановки, а полученные данные должны быть репрезентативными.

В ситуации существующего облучения на территориях, загрязненных радионуклидами после аварии на ЧАЭС с разной плотностью, радиационный мониторинг пищевых продуктов должен выполняться с целью оценки доз облучения населения, динамики и прогноза изменения радиационной обстановки. Вне зависимости от радиационного контроля пищевых продуктов на соответствие национальным референтным уровням актуальным является радиационный мониторинг пищевых продуктов на территориях с разной плотностью загрязнения.

Необходимо учитывать опыт ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС при разработке системы готовности и реагирования на ядерные и радиологические аварийные ситуации на Белорусской АЭС, разработать и утвердить действующие уровни вмешательства для пищевых продуктов на случай таких аварий для оперативной оценки радиационной обстановки для аварийных радионуклидов (радионуклиды йода, цезия, стронция и др.), оценки доз облучения населения и загрязненности аварийными радионуклидами пищевых продуктов и питьевой воды.

#### Литература

1. Обзор состояния ядерной и радиационной безопасности в Республике Беларусь в 2015 г. / Деп. по ядер. и радиац. безопасности МЧС РБ— Минск, 2016. — 40 с.
2. Цыбулько, Н.Н. Радиационная защита населения Беларуси после чернобыльской катастрофы / Н.Н. Цыбулько // Радиация и риск. — 2014. — Т. 23, № 2. — С. 112–122.
3. Цыбулько, Н.Н. Динамика производства в Беларуси сельскохозяйственной продукции с превышением допустимых уровней содержания Cs-137 и Sr-90 / Н.Н. Цыбулько // Радиационная гигиена. — 2012. — Т. 5, № 2. — С. 35–40.
4. Об утверждении положения о контроле радиоактивного загрязнения: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 04.05.2015 № 372 / Нац. реестр прав. актов Респ. Беларусь. — Минск, 2015. — С. 1–7.
5. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2015 году: гос. докл. / Под ред. И.В. Гаевского. — Минск, 2016. — С. 90–94.
6. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.]; под ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. — М.: ИздАТ, 2001. — С. 306–389.

## RADIATION SAFETY OF PUBLIC AT THE USE OF FOOD PRODUCTS, CONTAMINATED AFTER THE CHERNOBYL DISASTER

*Nikalayenka E.V., Kavetski A.S.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

In this article there are results of the approach assessment of the radiation safety of public by limiting the intake of food products contaminated after the Chernobyl disaster at different stages of the post-accident period 30 years after the accident. The analysis consists of approach assessment of limiting the radionuclides in food at the different stages of response for the Chernobyl accident – in an emergency exposure situation and in an existing exposure situation. The analysis of food contamination by cesium-137 and strontium-90 was conducted and approaches assessment to rationing and radionuclide data was carried out in the post-accident period. Based on this, the proposals to optimize the system of regulation and control of radionuclides in food in an existing exposure situation after the Chernobyl disaster were justified with the help of the newest IAEA recommendations: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, GSR Part 3, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, GSR Part 7, and national safety standards of the Republic of Belarus.

**Keywords:** food, cesium-137, strontium-90, radiation accident, Chernobyl disaster, reference level, permitted level, emergency exposure situation, existing exposure situation.

Поступила 19.07.2016

## РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ОЦЕНКИ «НУЛЕВОГО» ФОНА ВОКРУГ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

*Николаенко Е.В., Кляус В.В.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты исследований по определению методологии радиационно-гигиенического мониторинга (РГМ) для оценки «нулевого» фона вокруг Белорусской АЭС, включающей разработку и обоснование перечня параметров, подлежащих мониторингу, перечня населенных пунктов и объектов мониторинга. Полученные методологические подходы были научно обоснованы с помощью имеющихся данных радиационной и экологической обстановки в зоне наблюдения Белорусской АЭС, метеопараметров, социально-демографических данных и результатов прогнозной оценки эффективных доз облучения населения от выбросов при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС с двумя реакторами ВВЭР-1200. Выполнен предварительный анализ основных аспектов, которые необходимо будет учитывать при организации радиационно-гигиенического мониторинга вокруг Белорусской АЭС.

**Ключевые слова:** радиационная безопасность, мониторинг, АЭС, гигиена, радионуклид, доза облучения, «нулевой» фон, население, пищевые продукты, питьевая вода.

**Введение.** Вокруг радиационных объектов, при эксплуатации которых происходит выброс и/или сброс радионуклидов в окружающую среду, должен проводиться радиационный мониторинг. Основной целью радиационного мониторинга является оценка влияния на окружающую среду и население радиоактивных выбросов при нормальной эксплуатации и в случае аварии на радиационном объекте. РГМ проводится с целью оценки влияния радиоактивных выбросов или сбросов на здоровье населения, в связи с этим первоочередными задачами мониторинга является динамическое наблюдение

за радиационной обстановкой и оценка доз облучения населения. В Республике Беларусь в 2018 г. планируется ввести в эксплуатацию первый энергоблок Белорусской АЭС с реактором типа ВВЭР-1200. В соответствии с требованиями радиационной безопасности МАГАТЭ и Республики Беларусь вокруг объектов атомной энергетики должен проводиться радиационный мониторинг [1–3]. Он состоит из трех основных стадий, связанных со стадиями жизненного цикла АЭС: 1-й этап — до пуска АЭС в эксплуатацию, включающий оценку «нулевого» фона радиоактивного загрязнения радионуклидами и оценку доз облучения, заболеваемости и йодной обеспеченности населения, анализ демографической и гигиенической ситуации в регионе; 2-й этап — эксплуатация АЭС (при нормальной эксплуатации и на случай аварии), включающий мониторинг всех параметров и показателей, необходимых для оценки загрязнения окружающей среды, доз облучения и заболеваемости населения; 3-й этап — мониторинг при выводе и несколько лет после вывода АЭС из эксплуатации. Данные, полученные в результате радиационного мониторинга по определению «нулевого» фона за 2–3 года до пуска АЭС в эксплуатацию, будут использоваться для сравнения с результатами при эксплуатации АЭС, оценки радиационно-экологической обстановки в регионе и оценки доз облучения населения. На основе полученных данных о «нулевом» фоне будут разработаны требования к проведению мониторинга на период эксплуатации АЭС, включая определение реперных населенных пунктов и точек контроля, перечень объектов наблюдения и периодичность их контроля, методы для РГМ и т. д.

Программа и методические подходы по организации и проведению РГМ вокруг АЭС обосновываются для каждой АЭС в зависимости от типа и мощности реактора, выбросов при нормальной эксплуатации АЭС, социальной, медико-демографической, гигиенической и экологической обстановки в регионе строительства АЭС, метео- и гидрологических условий, результатов мониторинга на аналогичных реакторах, а также на период эксплуатации результатов радиационного мониторинга, полученных на 1-м этапе по определению «нулевого» фона. Ввиду множественности данных параметров, характерных только для определенной площадки и АЭС, требуется разработка программы и методологии проведения мониторинга вокруг Белорусской АЭС. В Российской Федерации и других странах, эксплуатирующих АЭС, существуют программы мониторинга (регламенты) и методики, которые разработаны для конкретных условий, характерных только для определенных АЭС с учетом всех перечисленных параметров. Существующие общие методы, например, универсальные для всех АЭС, эксплуатируемых в России, не могут быть использованы, т. к. не учитывают параметры Белорусской АЭС, характеристик площадки и зоны наблюдения. В связи с этим для каждой АЭС разрабатывается своя программа радиационного и экологического мониторинга с учетом типа реактора, выбросов радионуклидов при нормальной эксплуатации и в случае аварии на данной АЭС — результатов оценки «нулевого» фона, демографической ситуации в регионе, наличия других предприятий, загрязняющих окружающую среду, и многих других факторов. При этом данная программа периодически пересматривается и дорабатывается по согласованию с учреждениями, осуществляющими надзор за АЭС. Для оценки качества и достоверности мониторинга, выполняемого эксплуатирующей организацией (АЭС) в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне наблюдения (ЗН), данный мониторинг выполняют и надзорные органы (государственного санитарного надзора и Гидромет).

В связи с этим использование единой универсальной программы для всех атомных станций невозможно и требуется разработка методологии радиационно-гигиенического мониторинга вокруг Белорусской АЭС.

**Цель работы** — обоснование подходов к РГМ для оценки «нулевого» фона вокруг Белорусской АЭС.

**Материалы и методы.** При обосновании методологии РГМ для оценки «нулевого» фона вокруг Белорусской АЭС учитывались следующие параметры:

- 1) параметры АЭС, выбросы и сбросы;
- 2) дозы облучения населения и основные дозообразующие радионуклиды при нормальной эксплуатации АЭС;
- 3) радиационная обстановка в ЗН и Островецком районе, данные, полученные при подготовке ОВОС;
- 4) загрязненность региона радионуклидами чернобыльского происхождения (цезий-137 и стронций-90);
- 5) метеопараметры (основные преобладающие ветра);
- 6) демографическая ситуация;
- 7) социальные и гигиенические характеристики населенных пунктов в исследуемой ЗН и г. Островце (наличие домашних хозяйств, источники питьевого водоснабжения и др.).

Оценка прогнозных доз облучения населения и определение основных дозообразующих радионуклидов от выбросов при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС выполнены с использованием компьютерного кода PC-Cream и данных проектировщика о выбросах при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС с двумя реакторами типа ВВЭР-1200.

**Результаты и их обсуждение.** Оценка «нулевого» фона при РГМ — это первый этап, выполняемый до пуска АЭС в эксплуатацию. Результаты данной оценки в дальнейшем будут использоваться для сравнения и оценки влияния на здоровье населения выбросов и сбросов при эксплуатации (50 лет) и после вывода из эксплуатации Белорусской АЭС. Основными задачами РГМ для оценки «нулевого» фона должны являться: получение данных для оценки радиационной обстановки до пуска АЭС в эксплуатацию; оценка и определение доз облучения населения; получение данных для уточнения параметров радиологических моделей (оценка гигиенической обстановки, потребления пищевых продуктов, образ жизни местного населения и т. п.). Радиационный мониторинг вокруг АЭС выполняется в СЗЗ, которая для Белорусской АЭС ограничивается размерами площадки, и в ЗН радиусом 12,9 км от точки отсчета радиус-вектора (середина отрезка, соединяющего вентиляционные трубы двух энергоблоков АЭС) и за ее пределами в некоторых населенных пунктах и г. Островце.

В результате РГМ по оценке «нулевого» фона предстоит определить: эффективные дозы внутреннего и внешнего облучения, общую среднюю индивидуальную эффективную дозу, в связи с этим были обоснованы следующие параметры:

- преобладающее направление ветров («роза ветров»);
- демографические данные населенного пункта (численность населения, возрастно-половой состав и т. д.);
- наличия сельскохозяйственного и промышленного производства;
- источники технического и питьевого водоснабжения;
- результаты мониторинга в СЗЗ и ЗН, выполняемого Белорусской АЭС;
- размещение и характеристики автоматизированной системы радиационного контроля окружающей среды (АСКРО) и расположение метеостанций;
- результаты радиационного мониторинга на площадке Белорусской АЭС и вокруг нее.

Для более полной оценки радиационной обстановки необходимо использовать результаты радиационно-экологического и гидрометеорологического мониторинга, выполняемого Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, и дополнить результатами радиационного мониторинга, выполняемого эксплуатирующей организацией РУП «Белорусская АЭС».

В процессе РГМ для получения наиболее точных модельных параметров для расчета доз облучения населения необходимо определить следующее:

1) параметры образа жизни населения:

- нахождение на открытом воздухе;
- наличие приусадебного участка и домашнего скота;
- занятие рыбной ловлей, охотой, сбором грибов и ягод;
- тип жилья (частный дом каменный или деревянный, квартира).

2) потребление пищевых продуктов населением:

- потребление пищевых продуктов городским и сельским населением;
- потребление продуктов местного производства.

3) потребление пищевых продуктов лесного происхождения (дичь, грибы, ягоды) и пресноводной рыбы из местных водоемов.

Основными приоритетными направлениями ветра на площадке АЭС являются восток и восток-северо-восток, поэтому пункты наблюдения должны быть расположены в данном и противоположном и перпендикулярном направлениях. В связи с необходимостью проводить мониторинг в течение более 50 лет (при эксплуатации и после вывода из эксплуатации АЭС) при выборе населенных пунктов учитывались не только численность населения, но и возрастной состав, преимущество отдавалось населенным пунктам, в которых проживает больше молодежи и лиц среднего возраста.

Для оценки «нулевого» фона актуальным является получение данных, необходимых для обоснования населенных пунктов как при оценке «нулевого» фона, так в последующем на период эксплуатации Белорусской АЭС (50 лет). В ЗН Белорусской АЭС расположено 130 населенных пунктов (НП), в которых проживает 7866 человек (из них 3 — Сморгонский район с численностью 6 человек), плотность населения составляет около 15 чел./км<sup>2</sup>. Всего в Островецком районе проживает 23917 человек, а самым крупным населенным пунктом вблизи АЭС является г. Островец (9569 человек), расположенный на расстоянии 19 км. В результате оценки демографической ситуации в ЗН установлено, что наибольшее количество населенных пунктов являются сельскими и с численностью менее 500 человек.

В результате исследований для РГМ выбрано в 17 населенных пунктов, расположенных в ЗН (5630 человек), в которых проживает более 50% населения, и г. Островец (9569 человек).

Помимо этого в каждом населенном пункте необходимо определить количество точек отбора проб пищевых продуктов, питьевой воды и определения мощности дозы. Количество точек отбора, как и объем образцов, должны определяться в соответствии с действующими методиками отбора проб и быть достаточным для оценки доз облучения населения.

При условии использования в населенном пункте питьевой воды из артскважин (или колодцев), расположенных в одном водоносном горизонте, допускается объединение данных, т. е. использовать результаты радиационного мониторинга питьевой воды одной из точек отбора проб для оценки доз облучения населения данного населенного пункта.

При РГМ по оценке «нулевого» фона вокруг Белорусской АЭС основным является контроль техногенных радионуклидов, а в период эксплуатации АЭС — природных и техногенных радионуклидов, при этом природных — для сравнительной оценки доз облучения населения от АЭС с природными. В результате на этапе определения «нулевого» фона приоритетным является определение техногенных радионуклидов, которые вносят наибольший вклад в дозу облучения населения и которые имеются в окружающей среде в детектируемых количествах, такими на территории Беларуси в результате загрязнения после катастрофы на ЧАЭС являются <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr. В результате катастрофы на ЧАЭС и глобальных выпадений территория Островецкого района загрязнена цезием-137 и стронцием-90, а в соседнем Мядельском районе имеются пятна загрязнения стронцием с большей активностью. По данным Гидромета, в Островецком районе имеются отдельные пятна с плотностью загрязнения цезием-137 от 0,02 до 0,04 Ки/км<sup>2</sup>, к востоку от г. Островец имеются пятна с плотностью загрязнения 0,04 Ки/км<sup>2</sup>, в районе площадки АЭС — до 0,01 Ки/км<sup>2</sup>, а в ЗН — 0,02–0,04 Ки/км<sup>2</sup>. С учетом периода полураспада цезия-137 плотность загрязнения должна снижаться и при отсутствии других источников загрязнения через 30 лет наибольшая плотность загрязнения не превысит 0,03 Ки/км<sup>2</sup> [4].

При РГМ необходимо оценить следующие параметры радиационной обстановки:

- уровень мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы (мкЗв/ч) и годовая доза гамма-излучения на местности (мкЗв);
- удельная суммарная  $\alpha$ - и  $\beta$ -активность, объемная активность <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr и других основных радионуклидов в питьевой воде, Бк/кг (Бк/м<sup>3</sup>);
- удельная (объемная) активность техногенных <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr в основных продуктах питания местного производства, Бк/кг (Бк/м<sup>3</sup>).

Исходя из основных производимых и потребляемых местных пищевых продуктов, обоснован перечень сельскохозяйственных продуктов для мониторинга, который включает молоко и молочные продукты, мясные продукты, рыбу пресноводную, растениеводческую продукцию: хлеб и хлебобулочные изделия, злаковые для пищевых целей, картофель, корнеплоды, овощи и листовые овощи (капуста, салат, зелень и др.), фрукты и садовые ягоды, грибы лесные, ягоды дикорастущие. При этом если контроль растительной продукции будет достаточно проводить 1 раз в год в период сбора урожая, то молоко необходимо контролировать 4 раза в год, при этом наиболее приоритетным должен являться пастбищный период. Данный перечень и периодичность радиационного контроля были обоснованы, исходя из опубликованных данных и результатов собственных исследований в области результатов радиационного контроля и мониторинга пищевых продуктов в Республике Беларусь на загрязненных в результате катастрофы на ЧАЭС территориях в отдаленный период катастрофы.

В результате прогнозных оценок доз облучения населения от выбросов при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС установлено, что максимальные дозы облучения наблюдаются в различных направлениях и зависят от расстояния от точки выброса. Максимальные дозы облучения, формируемые различными путями воздействия, характерны для сектора

в направлении восток-северо-восток (при западном-юго-западном ветре), который попадает в область, где реализуются максимальные значения среднегодовых метеорологических факторов разбавления. Максимальные эффективные дозы облучения наблюдаются на расстоянии 2–3 км от точки отсчета радиус-вектора. Результаты расчетов показали:

- крайне слабую зависимость дозы облучения от возрастной группы населения;
- диапазон уровня доз в зависимости от направления распространения выброса изменяется слабо, с увеличением расстояния до 10 км дозы облучения уменьшаются приблизительно в 4 раза;
- вклад различных путей облучения в суммарную эффективную дозу облучения изменяется по мере удаления от АЭС;
- значимый вклад (40% и более) в эффективную дозу внутреннего облучения вносит потребление продуктов питания местного производства;
- незначительный вклад в дозу внешнего облучения на открытой местности вносят выпадения на поверхность, а в дозу внутреннего облучения — ингаляция;
- на расстоянии до 0,5 км значительный вклад в эффективную дозу облучения вносит внешнее облучение от факела выброса (40–60%);
- по мере удаления от АЭС вклад дозы внутреннего облучения за счет потребления загрязненных продуктов питания в общую эффективную дозу растет и на расстоянии 10 км от станции составляет порядка 90%;
- вклад радионуклидов в эффективную дозу облучения изменяется в зависимости от расстояния от точки отсчета радиус-вектора;

- к радиационно значимым радионуклидам, участвующим в формировании эффективной дозы облучения, относятся:  $^{14}\text{C}$  (30% и более),  $^{88}\text{Kг}$  (5–30%),  $^{135}\text{Xe}$  (не более 8%),  $^3\text{H}$  (1–3%),  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  (не более 2% каждый),  $^{131}\text{I}$  (менее 8%),  $^{133}\text{Xe}$ .

Максимальный уровень дозы облучения за счет прямых путей воздействия от излучения факела выбросов и отложений на почве (при условии 50-летнего накопления и всех путей выведения с поверхности почвы) формируется на расстоянии 0,25 км от точки отсчета радиус-вектора и не превышает 0,07 мкЗв/год. Основными радионуклидами, формирующими дозовую нагрузку на население по прямым путям (без учета внутреннего облучения), будут являться:

- от излучения факела выбросов —  $^{88}\text{Kг}$  (порядка 70%) и  $^{135}\text{Xe}$  (до 15%);
- от отложений на почве —  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  и радионуклиды йода.

Максимальные значения дозы внутреннего облучения населения за счет ингаляционного поступления радионуклидов наблюдаются на расстоянии 3 км от точки отсчета радиус-вектора и составляют порядка 0,005 мкЗв/год. При этом доза на 86% определяется удержанием изотопов  $^{14}\text{C}$  и трития на 14% в газоаэрозольном выбросе станции. Максимальное значение дозы внутреннего облучения от потребления продуктов питания местного производства не превысит 0,09 мкЗв/год. Критическими продуктами питания для всех возрастных групп являются молоко, молочные и растительные продукты (зерновые, картофель). Критические нуклиды в молоке для ребенка —  $^{14}\text{C}$ ,  $^{131}\text{I}$ , критические радионуклиды в растительных продуктах —  $^{14}\text{C}$ .

Сопоставление расчетного проектного уровня выбросов радиоактивных газов и аэрозолей через высотные вентиляционные трубы Белорусской АЭС с контрольными уровнями выброса и допустимыми выбросами, регламентированным СП-АЭС-2010, показало, что проектный расчетный годовой уровень выброса не будет превышен и составит 15% от допустимого выброса (ДВ) для инертных радиоактивных газов (ИРГ), для остальных групп радионуклидов — 5%. Σ ИРГ  $^{131}\text{I}$  (газовая + аэрозольная формы)  $^{60}\text{Co}^{134}\text{Cs}^{137}\text{Cs}$ .

Суммарная доза облучения населения от всех факторов радиационного воздействия газоаэрозольных выбросов в рамках выбранных приближений (без учета распространения факела градиент) двух проектируемых блоков за пределами промплощадки АЭС ни в одном из направлений не превысит 0,2 мкЗв/год.

В результате установлено, что объектами РГМ для оценки влияния выбросов АЭС на здоровье населения и доз облучения должны являться: территория района размещения Белорусской АЭС, аэрозоли в приземном атмосферном воздухе, атмосферные выпадения; питьевая вода, пищевые сельскохозяйственные продукты и продукция местного леса.

На период эксплуатации АЭС перечень подлежащих контролю параметров, объектов контроля и населенных пунктов, точек контроля (точек отбора проб) могут быть скорректированы с учетом результатов РГМ по оценке «нулевого» фона и результатов РГМ за предыдущий период.

**Заключение.** Для оценки «нулевого» фона за период не менее 2–3 лет до ввода в эксплуатацию первого блока Белорусской АЭС требуется провести радиационный мониторинг вокруг атомной станции, что регламентируется требованиями МАГАТЭ и нормативными правовыми актами Республики Беларусь. В настоящее время система радиационно-гигиенического мониторинга вокруг Белорусской АЭС находится в стадии формирования и для ее создания необходимо: определить организации, выполняющие мониторинг, и порядок их взаимодействия, разработать методологию РГМ для оценки «нулевого» фона и с учетом полученных результатов разработать методологию РГМ на период эксплуатации АЭС, разработать программу радиационного мониторинга (включая объекты и объемы мониторинга). Полученные результаты определения прогнозных доз облучения населения при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС и разработанные методологические подходы к РГМ по определению «нулевого» фона могут быть использованы при организации радиационного мониторинга вокруг Белорусской АЭС.

#### Литература

1. Environmental and Source Monitoring for Purpose of Radiation Protection: IAEA Safety Standarts: Safety Guide RS-G-1.8. — Vienna: IAEA, 2005. — 136 p.
2. Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring: Safety Reports Series № 64. — Vienna: IAEA, 2010. — 248 p.
3. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы. Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь, 31.03.2010 № 39 // Радиационная гигиена: сб. норм. док. — Минск: РЦГЭ-иОЗ, 2010. — 116 с.
4. Анализ формирования годовой эффективной дозы облучения за счет выпадений техногенных радионуклидов на территории Островецкого района Гродненской области / А.Н.Стожаров [и др.] // Мед. журн. — 2016. — Вып. 3. — С. 140–143.

## RADIATION HYGIENIC MONITORING FOR ASSESSMENT OF THE BACKGROUND LEVEL AROUND THE BELARUSIAN NPP

*Nikalayenka E.V., Kliaus V.V.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

In this article there are results of researches to determine the methodology of radiation-hygienic monitoring for assessment of the background level around the Belarusian NPP. These results are including the methodological approaches determined on the basis of available radiation and environmental conditions data in the surveillance zone of the Belarusian NPP, meteorological parameters, socio-demographic data and the results of predictive assessment of the effective dose of the population from discharges during normal operation of the Belarusian NPP with two VVER-1200 reactors. The methodology includes the lists of parameters, settlements, objects and periodicity of monitoring. A preliminary analysis of the main aspects that need to be taken into account in the organization of radiation-hygienic monitoring around the Belarusian NPP was carried out.

**Keywords:** radiation safety, radiation monitoring, NPP, hygiene, radionuclide, exposure dose, background level, population, food, drinking water.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ФОНОВОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

*Просвирякова И.А., Шевчук Л.М.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты гигиенической оценки фонового уровня суммарного содержания твердых частиц в атмосферном воздухе, в т. ч. фракций частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мк.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, мониторинг, загрязняющие вещества, твердые частицы, лабораторный контроль.

**Введение.** Фоновая концентрация вредного вещества (фон) является важной характеристикой существующего загрязнения атмосферы, создаваемого всеми источниками выбросов, имеющими как естественное, так и антропогенное происхождение. Значения фоновых концентраций служит реальным показателем, способным ограничивать величину выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух на конкретной территории, тем самым предупреждая возможность формирования на территории жилой застройки зон сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха. При размещении предприятий в районах, где атмосферный воздух уже загрязнен выбросами ранее введенных в эксплуатацию предприятий, нормирование выбросов проектируемых предприятий подлежит ограничению с учетом присутствующих в воздухе фоновых концентраций примесей.

За фоновую концентрацию принимается статистически достоверная максимальная разовая концентрация примеси, значение которой превышает в 5% случаев. Фоновая концентрация каждого вредного вещества определяется по данным мониторинга на стационарных постах в течение 5 лет [1–3].

На территории Республики Беларусь мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 20 промышленных городах, включая областные центры, а также гг. Полоцк, Новополоцк, Орша, Бобруйск, Мозырь, Речица, Светлогорск, Пинск, Новогрудок, Жлобин, Лида, Солигорск, Борисов, Барановичи.

Наблюдение за уровнем загрязнения воздушного бассейна обеспечивают 67 стационарных постов Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, включенные в Государственный реестр пунктов наблюдений, в т. ч. в г. Минске — 12 постов, в гг. Могилеве, Гомеле и Витебске — по 5 постов, в гг. Бресте и Гродно — по 4 поста; в остальных промышленных центрах — 1–3 поста наблюдений.

Репрезентативное количество и территории размещения стационарных постов наблюдений определены на основании предварительного исследования состояния воздушной среды городов, выбросов загрязняющих веществ, метеорологических условий рассеивания примесей с учетом территориального размещения крупных источников выбросов и жилых районов. В целом в Республике Беларусь регулярными наблюдениями охвачены территории, на которых проживает 87% населения [4].

Контроль качества атмосферы на стационарных постах наблюдений проводится как по основным «классическим» примесям (твердые частицы, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота), так и по специфическим (фенол, аммиак, формальдегид, свинец, кадмий и т. д.). Исследования содержания в атмосферном воздухе загрязняющих веществ осуществляются по двум основным видам программ:

- «неполной» программе, предназначенной для получения информации о максимальных разовых концентрациях загрязняющих веществ, предусматривающей исследования атмосферного воздуха ежедневно 3 раза/сут в строго регламентированное время — в 7; 13; 19 ч;

- «полной» программе, обеспечивающей возможность получения данных о максимальных разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ. Исследования по «полной» программе проводятся ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее 4 раз/сут при обязательном отборе в 1; 7; 13; 19 ч.

Ежегодно на стационарных постах отбирается и анализируется более 50000 проб атмосферного воздуха [3, 4].

С 2006 г. на территории Республики Беларусь наряду с осуществляемым мониторингом содержания в атмосферном воздухе суммы твердых частиц недифференцированных по составу пыль/аэрозоль (далее — TSP) организован автоматизированный мониторинг твердых частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мк (далее — PM<sub>10</sub>). Автоматизированную сеть мониторинга составляют 19 станций автоматического контроля, обеспечивающих выполнение измерений PM<sub>10</sub> круглосуточно в непрерывном режиме.

**Цель работы** — гигиеническая оценка степени опасности фонового уровня загрязнения воздушного бассейна населенных мест твердыми частицами.

**Материалы и методы.** Оценка фонового уровня загрязнения атмосферы проводилась на основании сведений о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, установленных государственным учреждением «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды» по результатам исследований на стационарных постах наблюдений с 2010 по 2014 гг.

В работе были проанализированы фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе 346 территориально-промышленных комплексов Республики Беларусь (территориально-промышленные комплексы городов областного, районного подчинения, поселков, деревень, агрогородков и т. д.).

Гигиеническая оценка фонового содержания твердых частиц в атмосферном воздухе населенных пунктов проведена на основании результатов сравнения фактического содержания твердых частиц в атмосферном воздухе (согласно справкам Гидромет о значениях фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе) и значений гигиенических нормативов. Дополнительно был рассчитан суммарный показатель загрязнения атмосферы, определена степень опасности загрязнения атмосферного воздуха и вклад твердых частиц в ее формирование [5].

Для оценки возможного влияния фонового загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения в качестве критерия относительной опасности применялся индекс качества атмосферного воздуха, рассчитаны значения острого и хронического риска воздействия TSP и PM<sub>10</sub> [6].

В работе использовались современные, характерные для эколого-эпидемиологических исследований, санитарно-гигиенические, аналитические и статистические методы.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью средств анализа электронных таблиц Microsoft Excel 2000.

**Результаты и их обсуждение.** В результате гигиенической оценки фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха 346 территориально-промышленных комплексов Республики Беларусь (территориально-промышленные комплексы городов областного, районного подчинения, поселков, деревень, агрогородков и т. д.) с 2010 по 2014 гг. установлено, что средние значения фоновых концентраций TSP (80,14±23,00 мкг/м<sup>3</sup> [71,85; 88,43]) и PM<sub>10</sub> (41,31±8,59 мкг/м<sup>3</sup> [38,21; 44,41]) не превышают установленные для них гигиенические нормативы — 300 и 150 мкг/м<sup>3</sup> соответственно (таблица 1).

Соотношение средних значений фоновых концентраций PM<sub>10</sub> к сумме твердых частиц (TSP) в атмосферном воздухе населенных пунктов составляет 0,55±0,25 (TSP = PM<sub>10</sub> × 0,55±0,25). Таким образом, на долю частиц PM<sub>10</sub> приходится 55% от TSP. Следует отметить, что наблюдаемая в фоновом уровне загрязнения атмосферы населенных пунктов особенность распределения твердых частиц по фракционному составу подтверждается также в работах Ревича Б.А. [7], однако данная закономерность отмечалась им при изучении особенностей рассеивания выбросов «пылящих источников» промышленных предприятий.

Таблица 1. — Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по Республике Беларусь (среднее арифметическое ± стандартное отклонение [доверительный интервал])

Вещество	Класс опасности	Предельно допустимая максимальная разовая концентрация, мкг/м <sup>3</sup>	Фоновая концентрация, мкг/м <sup>3</sup>
TSP	3	300	80,14±23,00 [71,85; 88,43]
PM <sub>10</sub>	3	150	41,31±8,59 [38,21; 44,41]
Серы диоксид	3	500	32,3±8,9 [29,09; 35,51]
Углерода оксид	4	5000	804,19±238,96 [718,03; 890,34]
Азота диоксид	2	250	45,34±21,74 [37,51; 53,18]
Фенол	2	10	2,89±0,77 [2,61; 3,16]
Аммиак	4	200	53,99±7,58 [51,26; 56,72]
Формальдегид	2	30	17,83±1,65 [17,24; 18,43]
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	1	1	0,05±0,04 [0,03; 0,06]
Кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий)	1	3	0,01±0,001 [0,01; 0,012]
TSP : PM <sub>10</sub>			0,55±0,25 [0,45; 0,64]

Суммарный показатель фонового загрязнения атмосферного воздуха TSP и PM<sub>10</sub> составляет 0,39±0,08 [0,38; 0,4] и соответствует допустимой степени опасности загрязнения атмосферы. Вклад TSP и PM<sub>10</sub> в суммарный показатель загрязнения атмосферы — более 30% (таблица 2).

Таблица 2. — Гигиеническая оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха населенных мест

Показатель	Значение (оценка)
Суммарный показатель фонового загрязнения атмосферы «Р» комплексом загрязняющих веществ (TSP, PM <sub>10</sub> , серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид, фенол, аммиак, формальдегид, свинец, кадмий)	1,13±0,12 [1,12; 1,15]
Степень опасности фонового загрязнения атмосферы комплексом загрязняющих веществ	I — допустимая
Суммарный показатель фонового загрязнения атмосферы «Р» (TSP, PM <sub>10</sub> )	0,39±0,08 [0,38; 0,4]
Степень опасности фонового загрязнения атмосферы (TSP, PM <sub>10</sub> )	I — допустимая
Вклад TSP и PM <sub>10</sub> в суммарный показатель фонового загрязнения атмосферы комплексом загрязняющих веществ, %	34,33±6,18 [33,56; 35,1]

Допустимая степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется процессом адаптации организма, фоновым уровнем заболеваемости и приемлемым риском здоровью. При допустимой степени загрязнения атмосферного

воздуха регламентирована низкая приоритетность действий, не требующая дополнительных мер, поддерживается действующая система управления риском [5].

При оценке риска здоровью населения широко применяется метод оценки индекса опасности здоровью воздействия загрязняющего вещества с учетом критических органов и систем, в которых при возрастании уровня дозы (концентрации) возникает первый вредный эффект или его предвестник. Критическими органами при воздействии твердых частиц, содержащихся в атмосферном воздухе, являются органы дыхания [5, 6].

По результатам исследований установлено, что риск здоровью населения, обусловленный содержанием TSP и PM<sub>10</sub> в воздухе населенных мест, характеризуется приемлемым уровнем (0,0104±0,003 [0,01; 0,011] и 0,0107±0,002 д. ед. [0,0104; 0,011] соответственно), индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания оценивается как низкий (0,21±0,06 [0,207; 0,222] и 0,33±0,067 [0,34; 0,32] соответственно). Вклад TSP и PM<sub>10</sub> в формирование индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания, обусловленный фоновым загрязнением атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ (TSP, PM<sub>10</sub>, серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид, фенол, аммиак, формальдегид, свинец, кадмий), составляет более 30% (34,43±4,002% [33,93; 34,93]).

Установлено, что наибольшие значения фоновых концентраций TSP и PM<sub>10</sub> отмечаются в атмосферном воздухе 5 территориально-промышленных комплексов: в гг. Кричеве и Костюковичи (214 и 52 мкг/м<sup>3</sup> соответственно); г. Гомеле (144 и 72 мкг/м<sup>3</sup> соответственно); г. Бобруйске (136 и 55 мкг/м<sup>3</sup> соответственно); г. Минске в районе ул. Радиальной и ул. Тимирязева (112 и 73 мкг/м<sup>3</sup> соответственно).

На выделенных территориях вклад фоновых концентраций TSP и PM<sub>10</sub> в суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ составляет от 45,2; 54,2 и 56,07 (в гг. Борисове, Минске и Гомеле соответственно) до 58,73% (в гг. Кричеве и Костюковичи).

Индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания достигает 2,03–2,09 в гг. Кричеве, Костюковичи и Гомеле; 2,0 — в г. Борисове; 1,93 — в г. Минске. Вклад TSP и PM<sub>10</sub> в формирование индекса опасности составляет 47% в гг. Кричеве, Костюковичи и Гомеле; 45,6% — в г. Минске и 40% — в г. Борисове.

**Заключение.** Таким образом, полученные результаты исследований фонового загрязнения атмосферного воздуха свидетельствуют о присутствии в воздухе населенных пунктов TSP и PM<sub>10</sub> в концентрациях, не превышающих установленные гигиенические нормативы. Средние значения фоновых концентраций TSP PM<sub>10</sub> составляют 80,14±23,00 [71,85; 88,43] и 41,31±8,59 мкг/м<sup>3</sup> [38,21; 44,41] соответственно.

Соотношение средних значений фоновых концентраций PM<sub>10</sub> к сумме твердых частиц (TSP) в атмосферном воздухе населенных пунктов составляет 0,55±0,25 (TSP = PM<sub>10</sub> × 0,55±0,25). На долю частиц PM<sub>10</sub> приходится 55% от TSP.

Вклад TSP и PM<sub>10</sub> в суммарный показатель загрязнения атмосферы, а также в формирование индекса опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания, обусловленный фоновым загрязнением атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ, составляет более 30%.

Наибольшие значения фоновых концентраций TSP и PM<sub>10</sub> отмечаются в атмосферном воздухе 5 территориально-промышленных комплексов: в гг. Кричеве, Костюковичи, Гомеле, Бобруйске, Минске в районе ул. Радиальной и ул. Тимирязева. На выделенных территориях вклад фоновых концентраций TSP и PM<sub>10</sub> в суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ составляет от 45,2; 54,2 и 56,07 (в гг. Борисове, Минске и Гомеле соответственно) до 58,73% (в гг. Кричеве и Костюковичи). Индекс опасности развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания достигает 2,03–2,09 в гг. Кричеве, Костюковичи и Гомеле; 2,0 — в г. Борисове; 1,93 — в г. Минске. Вклад TSP и PM<sub>10</sub> в формирование индекса опасности составляет 47% в гг. Кричеве, Костюковичи и Гомеле; 45,6% — в г. Минске и 40% — в г. Борисове.

Загрязнение атмосферного воздуха населенных пунктов TSP и PM<sub>10</sub> в гг. Кричеве, Костюковичи, Борисове, Гомеле и Минске требует дополнительных исследований. Актуальной остается оценка дисперсного состава выбросов твердых частиц конкретных территорий с учетом источников и специфики загрязнения атмосферного воздуха.

#### Литература

1. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. — М.: Госкомгидромет СССР, 1991. — Ч. I, II. — 615 с.
2. ОНД-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л.: Гидрометеоздат, 1987. — 73 с.
3. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. — Введ. 01.01.1987. — Взамен ГОСТ 17.2.3.01-77. — Минск, 2015. — 8 с.
4. Мониторинг атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://rad.org.by/articles/vozduh/monitoring-atmosfernogo-vozduha.html/>. — Дата доступа: 06.05.2016.
5. Методика оценка риска здоровью населения факторов среды обитания: инструкция по применению от 08.06.2012, рег. № 025-1211. — Минск, 2012. — 54 с.
6. Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух: инструкция 2.1.6.11-9.29.2004: утв. 05.07.2004 / Ф.А. Германович [и др.] // Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний: сб. инструктив.- метод. док. — Минск, 2005. — Т. 6, вып. 5. — С. 83–57.
7. Ревич, Б.А. Экологическая эпидемиология / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. — М.: Изд. центр «Академия», 2004. — 384 с.

## RESEARCH BACKGROUND LEVELS OF PARTICULATE IN ATMOSPHERIC AIR

*Prosviryakova I.A., Sheuchuk L.M.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The article presents the results of hygienic assessment of background level of total particulate matter in ambient air, including particle fractions with an aerodynamic diameter less than 10 microns.

**Keywords:** ambient air, monitoring, pollutants, particular matter, laboratory control.

Поступила 19.07.2016

## КРИТЕРИИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

*Роздяловская Л.Ф., Николаенко Е.В., Сычик С.И.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Радиоактивные отходы (далее — РАО) представляют потенциальную угрозу для людей и окружающей среды, поэтому обращение с ними должно осуществляться таким образом, чтобы любые сопутствующие риски были снижены до приемлемых уровней. В основе решения этой задачи лежит соблюдение международных принципов и норм радиационной безопасности, представленных в публикациях МАГАТЭ и закрепленных положениями Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, к которой Республика Беларусь присоединилась в 2003 г.

В Республике Беларусь в целом уже действуют регулирующие система и механизмы, которые должны обеспечить выполнение международных требований безопасности при обращении с РАО, однако имплементация этих требований требует дальнейших усилий и разъяснений. В настоящей статье рассматриваются международные требования и приводятся рекомендации по установлению критериев безопасности, имеющих важное значение для безопасности пунктов долговременного хранения и захоронения радиоактивных отходов (далее — ПЗРО) с точки зрения защиты людей и окружающей среды от радиационных рисков, являющихся следствием эксплуатации и закрытия (консервации) этих пунктов.

**Ключевые слова:** радиоактивные отходы, радиационная безопасность, критерии приемлемости для захоронения радиоактивных отходов.

**Введение.** В Республике Беларусь РАО образуются в результате различных видов деятельности, осуществляемых в медицинских учреждениях, научно-исследовательских организациях и на промышленных предприятиях. С 1964 г. по настоящее время все отходы этого типа поступают в единственный на территории республики пункт долговременного хранения РАО УП «Экорес», расположенный в 2 км от г. Минска. После завершения в 2010 г. реконструкции этого ПЗРО условия хранения принимаемых им РАО приведены в соответствие с международными рекомендациями и требованиями национальных нормативных правовых актов (НПА), однако вопрос, где и как эти отходы будут окончательно захоронены, остается открытым. Тщательного рассмотрения требует и вопрос безопасности «исторических» хранилищ ПЗРО, которые заполнялись РАО в 60–80-е гг. Они содержат недопустимые по сравнению с современными требованиями количества долгоживущих РАО и не соответствуют принятой в международных требованиях концепции обеспечения долговременной безопасности РАО с целью защиты будущих поколений.

В ближайшем будущем в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС объемы РАО значительно возрастут. Ожидаемое количество ежегодно образующихся твердых эксплуатационных РАО с учетом их переработки на один энергоблок атомной электростанции будет составлять [1]:

- 8 м<sup>3</sup> (40 бочек) — для очень низкоактивных РАО (17,6%);
- 32 м<sup>3</sup> (160 бочек) — для низкоактивных РАО (70,4%);
- 5 м<sup>3</sup> (50 бочек) — для среднеактивных РАО (11%);
- 0,5 м<sup>3</sup> — для высокоактивных РАО (1%).

Проектом предусмотрено, что высокоактивные РАО будут храниться на атомной электростанции в течение всего срока ее эксплуатации, очень низкоактивные, низко- и среднеактивные РАО — в течение 10 лет после начала эксплуатации АЭС в невозвратных защитных контейнерах и бочках. По истечении этого срока упаковки отходов предполагается передислоцировать в построенные для этих целей пункты захоронения РАО.

Стратегия обращения с РАО Белорусской АЭС [1] предусматривает строительство пункта захоронения РАО с использованием приповерхностного способа локализации отходов. В составе нового пункта захоронения РАО предполагается построить специально оборудованные отсеки для длительного хранения упаковок среднеактивных РАО, в которых содержание долгоживущих радионуклидов превышает нормативные требования для приповерхностного захоронения. Очень низкоактивные отходы АЭС предположительно могут быть захоронены на площадке или в СЗЗ АЭС. Кроме того, предполагается проработать вопрос о сооружении пункта захоронения высокоактивных РАО в глубокой геологической формации после вывода атомной электростанции из эксплуатации.

В целом процесс принятия решения относительно ПЗРО для окончательного захоронения РАО может охватить весьма продолжительный период времени. В течение этого периода вся деятельность по обращению с РАО от их кондиционирования и производства упаковок РАО на площадке АЭС до размещения для захоронения в новом ПЗРО должна рассматриваться как одно целое, а элементы управления и технические решения на каждой стадии должны выбираться с учетом совместимости с техническими решениями других стадий. Опыт менеджмента обращения с РАО в других странах и анализ международных требований показывает, что задача обеспечения взаимозависимости и совместимости между стадиями не может быть решена эффективно, если не установлены критерии обеспечения безопасности отходов и критерии приемлемости РАО для захоронения. В ситуации, когда технический вариант окончательного захоронения РАО не выбран, рекомендуется разработать и установить критерии, которые, как ожидается, будут применяться в будущем для наиболее вероятного варианта захоронения. Такие критерии необходимы для того, чтобы конструктивные и технологические решения, принимаемые сегодня относительно производства упаковок РАО, и решения по захоронению этих упаковок в будущем новом ПЗРО при его проектировании принимались согласованно, с учетом характеристик РАО, подлежащих захоронению.

**Цель работы** — оценка требований и опыта по установлению критериев безопасности и критериев приемлемости РАО для захоронения, определение важности установления этих критериев на современном этапе развития системы обращения с РАО в Республике Беларусь.

**Материалы и методы.** В настоящей работе использовались научно-аналитические и гигиенические методы для рассмотрения критериев обеспечения безопасности при захоронении РАО и критериев приемлемости для долговременного хранения и захоронения РАО. В исследованиях использованы результаты выполнения задания 01.07 ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение».

**Результаты и их обсуждение.** Критерии обеспечения безопасности и критерии приемлемости РАО для захоронения были сформулированы на основании анализа международного опыта и с учетом норм и требований к радиационной защите населения в ситуациях планируемого облучения, определенных НПА Республики Беларусь.

*Критерии обеспечения безопасности при захоронении РАО.* В соответствии с Санитарными нормами и правилами ПЗРО удовлетворяет требованиям безопасности при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, если его радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду не приводит к превышению их дозовых пределов облучения и нормативов выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, установленных Гигиеническим нормативом «Критерии радиационного воздействия» [2].

После закрытия ПЗРО удовлетворяет требованиям безопасности, если при нормальном (эволюционном) протекании естественных процессов на его площадке (наиболее вероятных сценариях эволюции системы захоронения РАО и миграции радионуклидов из ПЗРО) его радиационное воздействие на население не приведет к превышению установленной для захоронения РАО квоты предела годовой эффективной (граничной) дозы. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при обращении с радиоактивными отходами» (далее — СПОРО), утвержденные постановлением Минздрава от 31.12.2015 № 142, определяют величину этой граничной дозы как 0,3 мЗв/год. В целях соблюдения этого требования планируемый в Республике Беларусь ПЗРО должен проектироваться так, чтобы расчетная доза для лица из населения, которое может подвергнуться облучению от ПЗРО в будущем в результате возможных природных процессов, не превышала 0,3 мЗв/год (обобщенный граничный риск не превысит  $10^{-5}$  в год).

Что касается последствий случайного вмешательства человека после закрытия ПЗРО, то оценка безопасности захоронения твердых РАО должна осуществляться в соответствии с критериями, рекомендованными Международной комиссией по радиационной защите, как это представлено в таблице 1 [3].

Таблица 1. — Международные критерии оценки безопасности ПЗРО

Критерий*	Оценка безопасности проектируемого ПЗРО для населения после его закрытия
Менее 1 мЗв/год	ПЗРО удовлетворяет требованиям безопасности
Более 20 мЗв/год	Требования безопасности не соблюдаются, следует рассмотреть альтернативные варианты захоронения отходов
От 1 до 20 мЗв/год	Требования безопасности не соблюдаются в полной мере, рекомендуется оптимизация конструкции установки
Примечание — * — годовая эффективная доза облучения населения в результате случайного вмешательства человека после закрытия ПЗРО.	

*Оценка соответствия безопасности проекта ПЗРО критериям обеспечения безопасности.* Оценки соответствия проекта критериям обеспечения безопасности проводятся на основании прогнозных расчетов, для которых применяются аттестованные методики и программы, адаптированные к перечню исходных событий и сценариям распространения радионуклидов в окружающую среду, приведенным в проекте ПЗРО. В Отчете по обоснованию безопасности ПЗРО расчетами обосновывают:

- состав системы барьеров безопасности и их характеристики;
- радионуклидный состав РАО;
- допустимую среднюю по хранилищу удельную активность радионуклидов в хранилище и максимальная удельная активность радионуклидов в отдельных отсеках захоронения РАО;
- допустимую среднюю по хранилищу удельная активность альфа-излучателей (урана, трансурановых элементов и др.) и максимальную удельную активность альфа-излучателей в отсеках захоронения РАО;
- общую (суммарную) активность РАО и долгоживущих радионуклидов в РАО;
- максимальное количество РАО (т, м<sup>3</sup>).

*Критерии приемлемости РАО для долговременного хранения и захоронения.* Национальный НПА [4] определяет критерии приемлемости РАО для долговременного хранения и захоронения (далее — критерии приемлемости) как «характеристики упаковок, кондиционированных РАО, которым они должны отвечать после сбора, переработки, хранения и кондиционирования» и устанавливает, что в проектной документации ПЗРО должны быть указаны критерии приемлемости РАО для их захоронения и предусмотрены методы, технические средства и объем входного контроля соответствия поступающих на захоронение РАО этим критериям. Это требование находится в полном соответствии с международными требованиями [5].

Критерии приемлемости РАО для захоронения устанавливают требования к радиационным, физико-химическим свойствам РАО и упаковкам РАО, принимаемым ПЗРО на захоронение. Они разрабатываются на основе оценки безопасности ПЗРО с учетом условий размещения ПЗРО и фактических конструктивных и технологических решений по обращению с РАО, определенных проектом ПЗРО. В отсутствие проектного решения для окончательного захоронения РАО МАГАТЭ рекомендует в целях обеспечения безопасности и взаимосвязи между стадиями обращения с РАО установить общие критерии приемлемости РАО для захоронения. Эти критерии должны устанавливать предельно допустимые значения нормируемых показателей захораниваемых РАО на консервативной основе и впоследствии служить ориентиром при разработке методов кондиционирования и упаковки РАО для их хранения и захоронения в конкретных ПЗРО, а также при разработке проекта ПЗРО и установлении критериев приемлемости РАО для хранения и захоронения в проектируемых ПЗРО (рисунок).

Предельно допустимые значения общих критериев приемлемости РАО для захоронения в приповерхностных и подземном ПЗРО могут быть использованы в Республике Беларусь при обосновании безопасности захоронения РАО и представлены в таблице 2 [6, 7].



Рисунок — Схема принятия технических решений по проекту пункта захоронения РАО

Таблица 2. — Предельно допустимые значения общих критериев приемлемости для захоронения РАО

Нормируемый показатель	Тип пункта захоронения		
	при поверхностном ПЗРО упрощенного типа (очень низкоактивные отходы)	при поверхностном ПЗРО с инженерно-техническими барьерами (низкоактивные отходы)	при подземном ПЗРО на глубине нескольких десятков метров (средне- и низкоактивные отходы)
Взрывоопасность	Не допускается	Не допускается	Не допускается
Содержание в РАО:			
Легковоспламеняющихся и самовозгорающихся веществ	Не допускается	Не более 1% от массы радиоактивного содержания упаковки	Не более 1% от массы радиоактивного содержания упаковки
Веществ, реагирующих с водой с выделением самовоспламеняющихся или воспламеняющихся газов	Не допускается	Не допускается	Не допускается
Выделение токсичных газов, аэрозолей и возгонов из РАО при взаимодействии с водой, воздухом или другими веществами	Не допускается	Не допускается	Не допускается
Инфицирующих (патогенных) и разлагающихся веществ	Не допускается захоронение РАО, относящихся к чрезвычайно опасным и высокоопасным согласно критериям, установленным НПА в области охраны окружающей среды	Не допускается	Не допускается
Комплексообразующих веществ		Не более 1% от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО	Не более 1% от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО
Свободной жидкости		Не более 3% от массы радиоактивного содержания упаковки	Не более 3% от массы радиоактивного содержания упаковки
Удельная активность РАО в упаковке	На основе оценки безопасности в соответствии с критериями, установленными НПА	На основе оценки безопасности, в соответствии с критериями, установленными НПА	На основе оценки безопасности, в соответствии с критериями, установленными НПА
Мощность поглощенной дозы на поверхности упаковки РАО	Не более 2 мГр/ч	Не более 2 мГр/ч	Не более 10 мГр/ч

Нормируемый показатель	Тип пункта захоронения		
	при поверхностном ПЗРО упрощенного типа (очень низкоактивные отходы)	при поверхностном ПЗРО с инженерно-техническими барьерами (низкоактивные отходы)	при подземном ПЗРО на глубине нескольких десятков метров (средне- и низкоактивные отходы)
Нефиксированное (снимаемое) поверхн. загрязнение упаковки: излучающие РН $\alpha$ -излучающие РН трансурановые РН	$>2 \times 10^3$ част/(см <sup>2</sup> ×мин) $>2 \times 10^1$ част/(см <sup>2</sup> ×мин) $>2 \times 10^1$ част/(см <sup>2</sup> ×мин)	$>2 \times 10^3$ част/(см <sup>2</sup> ×мин) $>2 \times 10^1$ част/(см <sup>2</sup> ×мин) $>2 \times 10^1$ част/(см <sup>2</sup> ×мин)	$>2 \times 10^3$ част/(см <sup>2</sup> ×мин) $>2 \times 10^1$ част/(см <sup>2</sup> ×мин) $>2 \times 10^1$ част/(см <sup>2</sup> ×мин)
Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	До размещения на захоронение	До размещения на захоронение	Не менее 100 лет
Скорость выхода радионуклидов из упаковки РАО (массовая доля активности, вышедшей из упаковки РАО за год)	Не рассматривается	Не рассматривается	$>10^{-2}$ /год для трития; $>10^{-3}$ /год для $\beta$ - ( $\gamma$ -) излучающих РН; $>10^{-4}$ /год для $\alpha$ -излучающих РН
Устойчивость упаковки РАО к термическим циклам	Не рассматривается	Не рассматривается	Сохранение прочности и изолирующих свойств после 30 циклов замораживания и оттаивания (-40...+40°C)
Радиационная стойкость упаковки РАО	Не рассматривается	Не рассматривается	Снижение прочности не более чем на 20% от установленного предела при облучении дозой $10^6$ Гр или прогнозируемой дозой
Механическая прочность упаковки РАО	Не рассматривается	Не рассматривается	Не ниже требований, установленных правилами транспортирования для упаковок типа А

**Заключение.** В Республике Беларусь способ, место и сроки окончательного захоронения РАО в настоящее время не определены. Это касается как отходов, находящихся на долговременном хранении на площадке ПЗРО УП «Экорес», так и будущих эксплуатационных РАО Белорусской АЭС. Поэтому на уровне менеджмента и регулирования вопросов обеспечения безопасности РАО особое внимание следует уделить созданию интегрированной системы, охватывающей все вопросы обращения как с существующими, так и будущими РАО на территории республики. Установление общих критериев приемлемости РАО для захоронения в соответствии с международными требованиями является неотъемлемой частью этого процесса и задачей, которую органам регулирования необходимо решить до начала проектирования нового ПЗРО. Применение критериев приемлемости к системе обращения с РАО будет способствовать возникновению высокой степени уверенности в том, что деятельность по обращению с РАО проводится согласованным и контролируемым образом, что производимые упаковки РАО будут иметь постоянно высокое качество и что характеристики этих упаковок известны. Конструктивные и технологические решения при проектировании нового ПЗРО для захоронения РАО должны приниматься с учетом этих характеристик.

#### Литература

1. Стратегия обращения с радиоактивными отходами Белорусской атомной электростанции [Электронный ресурс]: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 02.06.2015 № 460 // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр прав. инф. — Минск, 2016.
2. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 28.12.2012, № 213 // Радиационная гигиена: сб. норм. док. — Минск: РИЦГЭиОЗ, 2013. — С. 35–167.
3. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Publication 103. — NY: Elsevier, 2007. — 35 p.
4. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности [Электронный ресурс]: нормы и правила по обеспечению ядер. и радиац. безопасности: утв. постановлением МЧС 20.01.2012 № 7 // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр прав. инф. — Минск, 2016.
5. Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением. — Вена: МАГАТЭ, 2010. — 67 с. — (Серия норм МАГАТЭ по безопасности № GSR, part 5.).
6. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения // Ядерная и радиационная безопасность. — 2014. — № 1 (71). — 24 с.
7. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения // Ядерная и радиационная безопасность. — 2015. — № 3 (77). — С. 59–82.

## CRITERIA FOR PUBLIC PROTECTION AND ENSURING SAFETY IN DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE

*Rozdylouskaya L.F., Nikalayenka E.V., Sychik S.I.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

In the Republic of Belarus the regulatory system and mechanisms, which ensure the implementation of international safety requirements for management of radioactive waste are in place, but implementation of these requirements requires further efforts and clarification. The article reflects international requirements and provides guidelines for establishing safety criteria that are important for safety of radioactive waste disposal facilities in terms of protecting people and the environment against radiation risks arising from the operation and closure of these facilities.

**Keywords:** radioactive waste, radiation safety, radioactive waste acceptance criteria.

Поступила 19.07.2016

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНВЕРСИИ ОКСИДА АЗОТА В ДИОКСИД ПРИ РАССЕИВАНИИ ДЫМОВОГО ФАКЕЛА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*Соколов С.М., Федорович С.В., Позняк И.С., Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Проведены исследования по моделированию рассеивания загрязняющих веществ дымового факела теплоэлектростанций (ТЭС) в атмосферном воздухе с оценкой влияния озона на степень трансформации оксида азота (NO) в диоксид (NO<sub>2</sub>) на специальном экспериментальном стенде, а также в районе размещения крупной ТЭС в различные сезоны года. В процессе рассеивания дымового факела ТЭС в природных условиях не более 60% оксида азота переходит в диоксид. Установлено, что основным фактором конверсии NO в NO<sub>2</sub> является озон.

**Ключевые слова:** теплоэлектростанция, атмосферный воздух, оксид азота, диоксид азота, озон, конверсия.

**Введение.** Важнейшей задачей в области охраны окружающей среды является защита воздушного бассейна от загрязнения выбросами предприятий промышленности, энергетики и транспорта. Особенно острой является проблема загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания различных видов топлива [1]. При этом выбросы объектов теплоэнергетики не только велики по объему, но и сложны по химическому составу, что существенно затрудняет решение проблемы охраны атмосферного воздуха [2].

Согласно исследованиям Сигала И.Я. [3], в процессе сгорания топлива оксиды азота в основном представлены монооксидом и только 1–5% находится в виде NO<sub>2</sub>.

Хотя содержания диоксида азота при рассеивании дымового факела в атмосферном воздухе лишь частично возрастает [4], рассчитывают только его максимальные приземные концентрации, предполагая полную конверсию оксида азота в диоксид. Указанное не позволяет осуществлять объективную гигиеническую оценку загрязнения атмосферы NO и NO<sub>2</sub>, поскольку регламенты содержания оксида и диоксида азота в воздухе различны: 0,4 и 0,25 мг/м<sup>3</sup> соответственно.

**Цель работы** — изучение степени конверсии оксида азота в диоксид для гигиенической оценки теплоэлектростанций как источников загрязнения атмосферного воздуха и разработка предложений по организации раздельного аналитического контроля NO и NO<sub>2</sub>.

**Материалы и методы.** Для достижения цели настоящей работы были проведены исследования по моделированию рассеивания дымового факела ТЭС в атмосферном воздухе с оценкой влияния озона на степень трансформации NO и NO<sub>2</sub> на специальном экспериментальном стенде, состоящем из реакционной камеры, коллектора распределения газовой смеси, вентилятора смешения воздуха с оксидом азота. Конструктивная особенность стенда обеспечивала полное и равномерное перемешивание находящейся в камере газовой смеси. Проведены исследования с начальной концентрацией оксида азота на уровне 60; 170 и 275 мг/м<sup>3</sup>.

Кроме того, в районе размещения крупной ТЭС (г. Минск) изучено соотношение оксида и диоксида азота в воздухе в различные сезоны года и времени суток.

**Результаты и их обсуждение.** В процессе моделирования рассеивания дымового факела на экспериментальном стенде установлено, что степень конверсии оксида азота в диоксид зависела от целого ряда факторов: величины начальной концентрации NO, содержания им озона в воздухе, длительности эксперимента.

Установлено, что в диапазоне 1–3 с после введения пробы NO в реакционную камеру величина конверсии NO в NO<sub>2</sub> лежала в пределах 22–34%. Указанное значение определялось, прежде всего, реакцией NO с молекулярным кислородом во время приготовления смеси в камере. При увеличении длительности эксперимента величина снижалась и в диапазоне между 6–8 мин наблюдался ее минимум, который изменялся в пределах 18–30%.

В дальнейшем степень окисления вновь возрастала. Значение  $\alpha$  стабилизировалось к 14–15 мин эксперимента. Конечная степень трансформации NO в NO<sub>2</sub> во всех исследованиях находилась на уровне 47–75%.

Таким образом, в процессе имитации рассеивания дымового факела на экспериментальном стенде установлено, что за 18 мин от 37 до 52% NO переходит в NO<sub>2</sub>.

Для выяснения влияния озона на величину конверсии NO в NO<sub>2</sub> были проведены специальные исследования с добавлением в стенд O<sub>3</sub>. В процессе эксперимента режим работы озонатора был постоянный. Концентрация NO составляла 146; 211 и 240 мг/м<sup>3</sup>.

Установлено, что при увеличении в реакторе концентрации озона (0,182 мг/м<sup>3</sup>), значения степени доокисления NO в NO<sub>2</sub> было на 8–12 % выше, чем в опытах без начальной повышенной концентрации NO. Для опытов с озонированным воздухом характерна и более высокая конечная величина степени доокисления: 62–78%. Наиболее часто величина  $\alpha$  составляла 70–76%, однако ни в одном из опытов ее значение не превышало 80%.

Результаты измерений концентраций оксидов азота в атмосферном воздухе под факелом ТЭС представлены на рисунке.

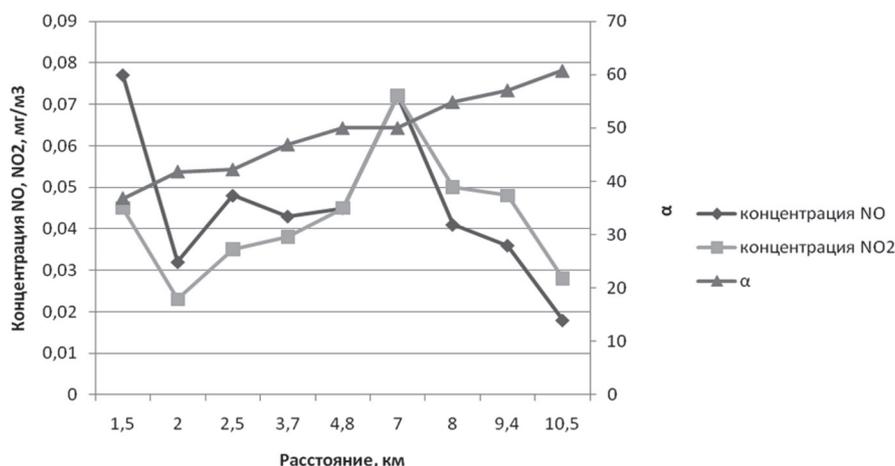


Рисунок — Уровни концентраций NO и NO<sub>2</sub> в атмосферном воздухе под факелом ТЭС на различных расстояниях

Как видно из рисунка, в зоне максимальных приземных концентраций отношение NO к NO<sub>2</sub> не превышает 60% и изменяется в диапазоне 30–60%. Необходимо отметить, что концентрации оксидов азота в атмосфере широко варьировали и зависели от целого ряда метеорологических и физических параметров. Вместе с тем степень конверсии NO в NO<sub>2</sub> в наших исследованиях изменялась незначительно (таблица 1).

Таблица 1. — Концентрация в атмосферном воздухе под факелом ТЭС в дневное и ночное время (M — среднее арифметическое, m — стандартное отклонение)

Расстояние от дымовой трубы, км	Дневное время			Ночное время		
	концентрация NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup> M±m	концентрация NO, мг/м <sup>3</sup> M±m	степень конверсии NO в NO <sub>2</sub> (α)	концентрация NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup> M±m	концентрация NO, мг/м <sup>3</sup> M±m	степень конверсии NO в NO <sub>2</sub> (α)
1,5	0,045±0,002	0,077±0,02	36,8	0,024±0,001	0,031±0,001	43,6
2,0	0,023±0,001	0,032±0,004	41,8	0,025±0,002	0,032±0,002	43,8
2,5	0,035±0,003	0,048±0,003	42,2	0,036±0,001	0,041±0,003	46,7
3,7	0,038±0,001	0,043±0,011	46,9	0,024±0,003	0,027±0,003	45,2
4,8	0,045±0,002	0,045±0,002	50,0	0,029±0,004	0,028±0,004	50,8
7,0	0,072±0,003	0,072±0,001	50,0	0,051±0,012	0,047±0,002	52,0
8,0	0,050±0,001	0,041±0,004	54,9	0,031±0,002	0,026±0,001	54,3
9,4	0,048±0,002	0,036±0,007	57,1	0,043±0,002	0,033±0,002	56,5
10,5	0,028±0,002	0,018±0,003	60,8	0,027±0,001	0,021±0,001	56,2

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют, что в ночное время, когда исключено влияние солнечной радиации на переход NO в NO<sub>2</sub>, величина α не превышала 60%.

Следовательно, в течение всех суток наиболее важным фактором конверсии является концентрация озона.

Исследования позволили обосновать методику расчета трансформации оксида азота в диоксид при рассеивании факела ТЭС в атмосферном воздухе. Согласно методике концентрация NO<sub>2</sub>, при C<sub>NOX</sub> ≥ C<sub>O3</sub>, определяется по формуле 1:

$$C_{NO_2} = 0,5 \sqrt{C_{NO_X} \times C_{O_3}} \quad (1)$$

При C<sub>NOX</sub> < C<sub>O3</sub> концентрация NO<sub>2</sub> определяется по формуле 2:

$$C_{NO_2} = \frac{C_{NO_X} \times C_{O_3}}{C_{NO_X} + C_{O_3}} \quad (2)$$

где C<sub>NOX</sub> — приземная концентрация оксида в расчетной точке, мг/м<sup>3</sup>;

C<sub>O3</sub> — расчетная концентрация озона, мг/м<sup>3</sup>.

Приземная концентрация NO определяется по формуле 3:

$$C_{NO} = \frac{30}{46} (C_{NO_X} - C_{NO_2}) \quad (3)$$

Степень трансформации NO в NO<sub>2</sub> (f) определяется по формуле 4:

$$f = \frac{C_{NO_2}}{C_{NO_X}} \times 100\% \quad (4)$$

Таким образом, оксид азота наряду с диоксидом является постоянным компонентом выбросов ТЭС и загрязнителем атмосферного воздуха, что требует его обязательной гигиенической оценки на стадиях предупредительного и текущего санитарного надзора.

**Заключение.** В условиях эксперимента степень конверсии оксида азота в диоксид зависит от начальной концентрации NO, содержания озона в воздухе и составляет 65–78%. В процессе рассеивания дымового факела ТЭС в атмосферном воздухе в натуральных условиях не более 60% оксида азота переходит в диоксид. Основным фактором конверсии NO в NO<sub>2</sub> является озон. В практике проектирования предприятий теплоэнергетики необходимо дифференцировано осуществлять расчет приземных концентраций оксида и диоксида азота. Необходим постоянный лабораторный контроль NO в системе мониторинга за качеством воздушной среды населенных мест.

#### Литература

1. Гольдберг, М.С. О влиянии выбросов тепловых электростанций на здоровье детей / М.С. Гольдберг // Гигиена и санитария. — 1999. — № 4. — С. 9–15.
2. Внуков, А.К. Теплохимические процессы в газовом тракте паровых котлов / А.К. Внуков. — М.: Энергоиздат, 1989. — 296 с.
3. Сигал, И.Я. Развитие и задачи исследований по измерению условий образования окислов азота в топочных устройствах / И.Я. Сигал // Теплоэнергетика. — 1989. — № 9. — С. 5–10.
4. Сигал, И.Я. Образование двуокси азота при рассеивании дымовых газов / И.Я. Сигал, Н.А. Гуревич // Теплоэнергетика. — 2003. — № 11. — С. 6–8.

### EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF NITROGEN OXIDE INTO NITROGEN DIOXIDE CONVERSION IN DISSIPATION OF THERMAL POWER PLANT EMISSIONS

*Sokolov S.M., Fedorovich S.V., Pozniak I.S., Gankine A.N., Gritsenko T.D.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The studies of pollutant dispersion modeling from the Thermal power plants smoke torch (TPP) in the ambient air, with the assessment of ozone impact on the degree of transformation of nitrogen oxide (NO) into nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) on a special test bench, as well as in the area of placement of large thermal power plants in different seasons of a year have been conducted. In the process of dispersion in smoke torch TPP field conditions not exceeding 60% of the nitrogen dioxide becomes oxide. It was found that the major factor in the conversion of NO to NO<sub>2</sub> is ozone.

**Keywords:** thermal power plant, ambient air, nitrogen oxide, nitrogen dioxide, ozone, conversion.

Поступила 19.07.2016

### К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРВООЧЕРЕДНОГО НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

*Соколов С.М., Просвирякова И.А., Гриценко Т.Д., Ганькин А.Н., Пшегорода А.Е.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты обоснования критериев первоочередного нормирования содержания в атмосферном воздухе загрязняющих веществ на основании дифференцированной оценки опасности в зависимости от их физико-химических свойств, степени токсичности и опасности, распространенности в объектах окружающей среды, а также ряда других показателей, имеющих значение для оценки возможности влияния вещества на здоровье человека.

**Ключевые слова:** ориентировочно безопасный уровень воздействия, предельно допустимая концентрация, атмосферный воздух, здоровье населения.

**Введение.** Основой управления качеством атмосферного воздуха являются гигиенические нормативы содержания токсических химических веществ на уровне, безвредном для здоровья населения [1]. В этой связи гигиеническое нормирование, означающее ограничение содержания вредных веществ в атмосфере, является одной из основных научных задач гигиены [2].

По литературным данным, в настоящее время человечеству известно от 5 до 6 млн химических соединений, из которых 60–80 тыс. производятся в промышленном масштабе. При этом перечень вредных веществ, для которых установлены токсикологические параметры, содержит не более 30–50 тыс. наименований [3].

Сложность прогнозирования последствий антропогенного загрязнения атмосферного воздуха связана, в первую очередь, с возрастающими темпами введения в эксплуатацию принципиально новых промышленных производств и увеличением количества выбрасываемых в атмосферный воздух химических загрязнителей.

Обеспечение химической безопасности требует внедрения новых, инновационных подходов в обеспечении качества атмосферного воздуха и здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ. Все указанное говорит о необходимости разработки и внедрения в практику критериев первоочередного нормирования содержания в атмосферном воздухе приоритетных загрязняющих веществ, установленных на основании дифференцированной оценки опасности в зависимости от их физико-химических свойств, токсичности и распространенности в объектах окружающей среды.

**Цель работы** — научное обоснование критериев необходимости первоочередного нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в рамках задания 06.01 «Разработать и внедрить систему мониторинга загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны» ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» в течение 2013–2015 гг.

Достижение поставленной цели потребовало выполнения верификации перечня сведений, необходимых для обоснования критериев первоочередного нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. По результатам информационного поиска и сравнительного анализа действующих технических нормативных правовых актов в области охраны и обеспечения качества атмосферного воздуха [4–7] проведена верификация:

- критериев выбора веществ, не нуждающихся в установлении гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе;
- критериев, определяющих объем и очередность выполнения исследований, необходимых для ускоренного обоснования гигиенических нормативов;
- загрязняющих веществ, для которых достаточно разрабатывать (обосновать) только ориентировочные безопасные уровни воздействия (далее — ОБУВ);
- загрязняющих веществ, для которых предельно допустимые концентрации (далее — ПДК) обосновываются экспериментальными экспресс-методами и расчетными методами;
- критериев ускоренного нормирования химических веществ, предполагаемых опасными в канцерогенном, мутагенном и аллергенном отношении;
- общих принципов нормирования химических веществ.

На основании верификации сформированы критерии необходимости первоочередного нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с учетом дифференцированной оценки опасности, физико-химических свойств, токсичности и распространенности веществ в объектах окружающей среды.

**Результаты и их обсуждение.** Химические вещества, внедряемые в хозяйственную деятельность, подлежат обязательной токсикологической оценке и гигиеническому регламентированию. Объем сведений, необходимых для оценки вещества, зависит от его физико-химических свойств, степени токсичности и опасности, масштабов производства, числа контактирующих с ним людей, актуальности (приоритетности) для экономики страны, распространенности в объектах окружающей среды, а также ряда других показателей, имеющих значение для оценки возможности влияния вещества на здоровье человека [4].

В ходе научно-исследовательской работы были обоснованы четыре основных этапа формирования списка приоритетных веществ, подлежащих первоочередному нормированию в атмосферном воздухе:

1-й этап — сбор и наработка информации, необходимой и достаточной для решения вопроса о целесообразности исследований по гигиеническому нормированию.

На данном этапе аккумулируется вся известная информация о загрязняющем веществе: область применения; объем производства, применение, выброса в атмосферный воздух; форма выпуска; структурная формула и молекулярная (атомная) масса; физико-химические и токсикологические показатели и т. д.

При наличии официальной отечественной и зарубежной информации, опубликованных фактических данных об опасных свойствах веществ и количественных параметрах опасности, представленных показателями, соответствующими нормативно-методическим документам, утвержденным в установленном порядке, целесообразно использование этих сведений для принятия решения о необходимости и приоритетности гигиенического нормирования.

2-й этап — определение веществ загрязняющих атмосферный воздух населенных пунктов, не нуждающихся в разработке гигиенических нормативов.

Результатами научно-исследовательской работы является верификация критериев, используемых для исключения веществ из списка приоритетных, подлежащих первоочередному нормированию в атмосферном воздухе. К «критериям исключения» отнесены:

- наличие у вещества физико-химических свойств, исключающих попадание их в атмосферный воздух;
- планируемый объем выброса вещества менее 1 кг/год;
- наличие у вещества физико-химических свойств, обеспечивающих его нелетучесть, способность легко разрушаться с образованием хорошо изученных и имеющих нормативы продуктов;
- установленный запрет на выброс вещества в атмосферный воздух.

3-й этап — определение очередности и объемов исследований для обоснования гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Особенностью гигиенического нормирования содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов является обоснование ПДК трех периодов осреднения (максимально разовой, среднесуточной, среднегодовой) или ОБУВ.

На практике в условиях растущего числа вводимых в эксплуатацию новых промышленных производств, планируемого увеличения количества выбрасываемых в атмосферный воздух химических загрязнителей, а также ограничения времени на исследования по обоснованию гигиенических нормативов немаловажное значение имеет установление списка веществ, отношении которых достаточна разработка только ОБУВ.

В рамках исследований были верифицированы критерии, позволяющие принять решение о возможности обоснования ОБУВ для веществ, загрязняющих атмосферный воздух, к которым отнесены:

- объем производства до 10 т/год или опытное производство;
- принадлежность вещества к мало- или умеренно опасным, слабокумулятивным, не обладающим специфическими эффектами загрязнителям.

Критериями, позволяющими принять решение о возможности обоснования ПДК экспериментальными экспресс-методами, расчетными методами или по аналогии, являются:

- отнесение вещества к хорошо изученному классу соединений, аналоги которых имеют установленные ПДК в атмосферном воздухе;
- принадлежность вещества к аэрозолям веществ, имеющим установленные ПДК в воздухе рабочей зоны не менее 10 мг/м<sup>3</sup>;
- принадлежность вещества к веществам с установленными ПДК в других средах, с достаточными данными об их опасности, токсичности, характере, механизме биологического действия, специфических отдаленных эффектах.

4-й этап — принятие решения о разработке гигиенического норматива.

На данном этапе анализируются результаты исследований, проведенных на предыдущих этапах, что может быть использовано как основание для принятия решение о включении (исключении) веществ в список приоритетных, подлежащих первоочередному нормированию.

**Заключение.** Последовательное выполнение приведенных этапов с применением научно обоснованных критериев необходимости первоочередного нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе позволит сделать выбор приоритетных веществ, подлежащих нормированию на основании дифференцированной оценки опасности в зависимости от их физико-химических свойств, токсичности и распространенности в объектах окружающей среды.

Критерии обоснования необходимости первоочередного нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе были использованы при подготовке проекта санитарных норм и правил «Требования к атмосферному воздуху населенных пунктов и мест массового отдыха населения».

#### Литература

1. Приоритетные направления и пути гармонизации гигиенических нормативов веществ, загрязняющих атмосферный воздух / М.А. Пинигин [и др.] // Охрана здоровья населения промышленных регионов, стратегия развития, инновационные подходы и перспективы: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Екатеринбург, 28–30 окт. 2009. г. — Екатеринбург: Екатеринбург. мед. науч. центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, 2009. — С. 120–123.

2. Винокуров, М.В. Современное состояние контроля загрязнения атмосферного воздуха населенных мест / М.В. Винокуров // Гигиена и санитария. — 2014. — № 5. — С. 29–33.

3. Экологические угрозы и их последствия / В.Ф. Логинов // Эколог. вестн. — 2007. — № 1. — С. 16–25.

4. Гигиенические критерии для обоснования необходимости разработки ПДК и ОБУВ (ОДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, воде водных объектов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://vik.by/documents/download?name=%D0%93%D0%9D%201.1.9-23-002&number=1441/>. — Дата доступа: 06.05.2016.

5. Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 30.12.2010 № 186. — Минск: Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, 2011. — 144 с.

6. Классы опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 21.12.2010 № 174. — Минск: Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, 2011. — 144 с.

7. Расчетные методы оценки опасности и гигиенического нормирования вредных веществ в разных средах / В.Г. Смирнов [и др.]. — СПб., 2002. — 128 с.

## TO QUESTION THE VALIDITY OF THE NEED FOR PRIORITY STANDARDIZATION OF POLLUTANTS IN AIR

*Sokolov S.M., Prosviryakova I.A., Gritsenko T.D., Gankine A.N., Pshegroda A.E.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The article presents the results of the study criteria of priority rationing content in the ambient air of priority pollutants, based on the differentiated risk assessment based on their physico-chemical properties, toxicity and danger, the prevalence in the environment, as well as a number of other factors relevant to assess the possibility of the influence of the substance on human health.

**Keywords:** tentatively safe exposure level, maximum permissible concentration, ambient air, public health.

Поступила 19.07.2016

## ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Шевчук Л.М., Дзержинская Н.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье приведены материалы по обоснованию цели исследования влияния многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения в современных условиях. Проанализированы отечественные и международные базы данных, результаты научных исследований по оценке комбинированного действия загрязняющих атмосферный воздух химических веществ, а также существующие подходы к оценке качества атмосферного воздуха с учетом многокомпонентного характера загрязнения.

**Ключевые слова:** многокомпонентное загрязнение атмосферного воздуха, комбинированное действие загрязняющих химических веществ, оценка качества атмосферного воздуха.

**Введение.** Атмосферный воздух является значимой составляющей среды обитания человека. Его загрязнение выбрасываемыми веществами за счет действия антропогенных источников ведет к увеличению химической нагрузки на организм человека как за счет ингаляционного воздействия, так и за счет влияния через другие передающие среды (вода, почва, продукты питания). Несомненно, на индивидуальном уровне время пребывания человека на открытом воздухе в значительной мере обуславливает степень влияния атмосферного воздуха на состояние здоровья. Тем не менее на популяционном уровне, несмотря на профессиональную и возрастную принадлежность, состояние атмосферного воздуха находится на втором месте после социально-экономических факторов в структуре экономических потерь валового внутреннего продукта разви-

тых стран от смертности и заболеваемости населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания [1].

Загрязнение атмосферного воздуха является наиболее важным фактором экологического риска для здоровья населения в Европейском регионе по данным Всемирной организации здравоохранения [2, 3]. Возрастание степени загрязнения атмосферного воздуха (при прочих равных условиях) проявляется увеличением заболеваемости населения острыми респираторными инфекциями на 6–7% за счет неспецифического влияния. При этом воздействию атмосферных загрязнений подвергаются крупные контингенты населения городов, где загрязнение атмосферного воздуха характеризуется многокомпонентным и динамичным составом [4, 5]. Количество химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест достигает нескольких десятков, иногда сотен [6]. В связи с этим особый интерес представляет изучение влияния многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения с учетом комбинированного действия загрязняющих химических веществ.

**Цель работы** — обоснование цели исследования влияния многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения в современных условиях.

**Материалы и методы.** Материалы: международные и национальные токсикологические базы данных: интегрированная информационная система о рисках IRIS агентства защиты окружающей среды США, материалы департамента воздушных ресурсов Калифорнийского агентства защиты окружающей среды CalEPA, рецензируемый обзор токсичных свойств информационной системы по оценке риска PPRTV RAIS, регистр токсических эффектов химических соединений RTECS, данные Европейского химического агентства ECHA; справочные и справочно-энциклопедические материалы «Вредные вещества в промышленности», «Вредные вещества в окружающей среде»; локальные и международные нормативные документы, регламентирующие вопросы охраны качества атмосферного воздуха: Национальный стандарт качества окружающего воздуха США NAAQS, Директива 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета о качестве атмосферного воздуха и чистого воздуха для Европы, Законодательный акт по охране окружающей среды Канады CEPA, Национальные цели в области качества воздуха Великобритании, данные Министерства охраны окружающей среды и здоровья населения Республики Китай, гигиенические нормативы содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе РБ, РФ. Метод: системный анализ.

**Результаты и их обсуждение.** Сохранение и защита здоровья населения в условиях загрязнения атмосферного воздуха является важной гигиенической задачей. Ведущим критерием, определяющим приоритетность выбора профилактических мероприятий (технологических, санитарно-технических, административных, планировочных, законодательных) по защите здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха, является объективная оценка степени загрязнения и адекватное прогнозирование эффектов воздействия загрязнения атмосферного воздуха. В данном случае необходимо учитывать тот факт, что загрязнение атмосферного воздуха представляет собой многокомпонентную смесь, в которой содержится от нескольких десятков до нескольких сотен химических веществ.

В Республике Беларусь мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится на пунктах наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды, перечень контролируемых веществ составляет 10–12 наименований: твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, аммиак, фенол, сероводород, сероуглерод, свинец, кадмий, а также бенз/а/пирен и летучие органические соединения. При этом, по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и Национального статистического комитета Республики Беларусь, перечень выбрасываемых в атмосферный воздух загрязняющих химических веществ стационарными и мобильными источниками значительно шире.

Существующая в настоящее время система контроля содержания веществ в атмосферном воздухе позволяет определять содержание отдельных соединений, выбор которых диктуется составом выбросов предприятий, существующих в данном населенном пункте. При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких загрязняющих химических веществ возникает необходимость определения степени загрязнения атмосферного воздуха с учетом характера комбинированного действия химических соединений, что требует использования дополнительных методов оценки. По данным Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Республики Беларусь, в 2015 г. доля проб с концентрациями загрязняющих веществ 0,5 ПДК и менее составляла от 87 до 99%, выше ПДК — менее 1%; уровень загрязнения воздуха летучими органическими соединениями во всех крупных промышленных центрах сохранялся стабильно низким. Вышесказанное свидетельствует о том, что влияние загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения в современных условиях реализуется за счет низкодозового комбинированного ингаляционного воздействия.

Учет многокомпонентного характера загрязнения атмосферного воздуха необходим, т. к. позволяет более точно оценивать степень загрязнения атмосферного воздуха, его влияние на состояние здоровья населения. Использование методов исследования уровня загрязнения атмосферного воздуха, учитывающих многокомпонентный характер загрязнения и комбинированное действие входящих в состав загрязнения веществ, позволило бы более точно и биологически правдоподобно описывать механизмы влияния на популяцию и более эффективно планировать и оценивать результативность профилактических мероприятий по снижению неблагоприятного влияния многокомпонентного загрязнения атмосферы. При этом необходимо отметить, что в литературе накоплен большой объем информации об эффектах комбинированного ингаляционного воздействия различных химических веществ.

Результаты исследования токсических свойств химических веществ при ингаляционном воздействии свидетельствуют о том, что при комбинированном действии может изменяться характер токсических эффектов: при совместном присутствии в атмосферном воздухе аэрозолей оксидов марганца и оксида ванадия (V) наблюдается эффект суммации [7]. Простой суммацией эффектов обладает комбинация диоксида серы 0,05 мг/м<sup>3</sup>, оксида углерода 1 мг/м<sup>3</sup>, диоксида азота 0,085 мг/м<sup>3</sup> (Борисова Л.Б., Бурханов А.И.) [7]. Диоксид азота и диоксид серы в малых концентрациях (5,7 и 10 мг/м<sup>3</sup>) проявляют некоторый антагонизм действия (Митина Л.С.) [7]. Смесь диоксида азота и диметиламина оказывает более выраженное воздействие, чем эти вещества по отдельности (Прусаков В.М. и др.) [7]. При совместном рефлекторном действии аммиака со смесью сульфида водорода и формальдегида установлен эффект суммации (Мухамедшина Р.И.) [7]. Действие ам-

миака потенцируется в сочетании с монооксидом углерода (Кустов В.В., Михайлов В.И.) [7]. Гидрофторид, диоксид серы и диоксид азота обладают эффектами суммации; это же характерно и для комбинации диоксида серы, сульфата меди, кобальта и никеля [7]. Суммация обнаружена при комбинированном действии ацетальдегида, винилацетата; ацетальдегида и дыма (образующегося при горении керосина) (Videla L. et al.) [7]. Комбинированное действие формальдегида с фенолом, ацетоном, акриловым альдегидом, озоном и диоксидом азота характеризуется суммацией; также отмечается суммация эффектов при действии формальдегида, оксида углерода и гексана (Тиунов Л.А., Кустов В.В.) [7]. Влияние паров уксусной кислоты с уксусным ангидридом, формальдегидом, ацетоном и фенолом характеризуется суммированием токсического эффекта (Кустов В.В., Тиунов Л.А.), также уксусная кислота с винилацетатом обладают потенцирующим действием (Кустов В.В. и др.) [7]. При совместном присутствии оксида углерода, диоксида серы и соединений свинца отмечается наличие эффекта суммации [7]. Вышесказанное свидетельствует о том, наиболее частым проявлением комбинированного действия различных групп химических веществ (чаще всего от 2–4) является суммация.

Анализируя подходы к оценке качества атмосферного воздуха и контролю содержания в нем загрязняющих химических веществ в различных странах, необходимо отметить, что в Западной Европе, Америке и Азии контроль качества атмосферного воздуха связан с оценкой содержания 5–6 ведущих загрязнителей, для которых разработаны значения нормативов содержания в атмосферном воздухе. Для остальных веществ могут применяться значения референтных концентраций, которые не имеют статуса стандарта качества атмосферного воздуха и используются в научно-исследовательских целях.

Для оценки многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха в этих странах используется индекс качества атмосферного воздуха AQI, который представляет текущее загрязнение атмосферы комплексным показателем и позволяет прогнозировать эффекты со стороны здоровья. Однако он учитывает только 6 загрязнителей (диоксид азота, диоксид серы, тропосферный озон, твердые частицы размером менее 10 мкм и твердые частицы размером менее 2,5 мкм, монооксид углерода). Этот показатель оценивает ежедневное состояние атмосферного воздуха, поэтому для расчета принимаются концентрации, полученные в результате 1-, 8- или 24-часового измерения концентрации. Индекс рассчитывается отдельно для каждого из указанных веществ, и наибольшее получившееся значение принимается за значение данного индекса для характеристики комплексного загрязнения всеми пятью загрязнителями.

В Российской Федерации контроль качества атмосферного воздуха осуществляется на основании значений гигиенических нормативов, разработанных для веществ на основании результатов токсикологических и эпидемиологических исследований. Оценка комбинированного действия многокомпонентного химического загрязнения атмосферного воздуха осуществляется для групп химических веществ, обладающих эффектами суммации, неполной суммации и потенцирования с использованием формулы Аверьянова.

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в практике государственного санитарного надзора в Республике Беларусь осуществляется на основании Нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения, утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 декабря 2010 г. № 186, где представлены значения гигиенических нормативов содержания более чем 2000 загрязняющих химических веществ. В данном документе не учитывается комбинированное действие химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, что ведет к неполному учету и оценке неблагоприятного воздействия многокомпонентного химического загрязнения атмосферного воздуха.

В рамках данного исследования авторами был разработан и утвержден Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации, утвержденный постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.03.2015 № 33, в котором представлено 45 групп суммации для химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, который позволил проводить более точную оценку многокомпонентного химического загрязнения атмосферного воздуха, а также разрабатывать и определять приоритетность использования различных групп профилактических мероприятий по защите здоровья населения в условиях многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха.

**Заключение.** Загрязнение атмосферного воздуха Республики Беларусь представлено многокомпонентной смесью, содержащей от нескольких десятков до сотен веществ в концентрациях, чаще всего не превышающих значений гигиенических нормативов. Качественный и количественный состав загрязнения зависит от существующих источников выбросов. В связи с этим влияние загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения связано с низкодозовым комбинированным ингаляционным воздействием. При этом существующая в настоящее время система мониторинга качества атмосферного воздуха позволяет контролировать содержание только 10–12 ведущих загрязнителей, что не отражает реальную картину загрязнения и не позволяет объективно оценить неблагоприятное влияние многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения.

В отечественной и зарубежной литературе накоплен большой объем информации об эффектах комбинированного ингаляционного воздействия различных групп химических веществ, представленных в основном 2–4 компонентами, полученный на основании токсикологических и клинических исследований. В большинстве случаев комбинированное действие для групп веществ проявляется эффектами суммации. Однако основные существующие подходы в оценке качества атмосферного воздуха учитывают только содержание отдельных компонентов атмосферного загрязнения и эффекты от их изолированного воздействия, что ведет к неполноте оценки и прогнозирования эффектов влияния многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха.

Учет многокомпонентного характера загрязнения и комбинированного действия химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, позволит более точно оценивать степень его загрязнения и более биологически правдоподобно описывать эффекты воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье популяции, что в свою очередь предоставит возможность более эффективно планировать и оценивать результативность профилактических мероприятий по снижению неблагоприятного влияния многокомпонентного загрязнения атмосферы на здоровье населения.

## Литература

1. Зайцева, Н.В. Методические подходы к оценке результативности и экономической эффективности риск-ориентированной контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора / Н.В. Зайцева, П.З. Щур, Д.А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. — 2014. — № 1. — С. 7–9.
2. Environment and health in the WHO European Region: progress, challenges and lessons learned: working document: 65<sup>th</sup> session Regional Committee for Europe 17.07.2015, № 150478 [Electronic resource]. — Mode of access: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0018/283041/65wd11e\\_EnvironmentHealth\\_150478.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/283041/65wd11e_EnvironmentHealth_150478.pdf?ua=1). — Date of access: 13.07.2016.
3. Progress report on the European Environment and Health Process: working document: 65<sup>th</sup> session Regional Committee for Europe 28.07.2015, № 150476 [Electronic resource]. — Mode of access: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/283839/65wd18e\\_EHP\\_150476.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/283839/65wd18e_EHP_150476.pdf?ua=1). — Date of access: 13.07.2016.
4. Air quality guidelines for Europe [Electronic resource] / WHO Regional publications. — 2 ed. — (European series № 91). — Mode of access: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf). — Date of access: 13.07.2016.
5. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe [Electronic resource]. — Mode of access: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>. — Date of access: 13.11.2015.
6. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь 2010–2014: стат. сб. / Под ред. И.В. Медведева. — Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2015. — 254 с.
7. Вредные вещества в окружающей среде: справ.-энц. изд.: в 8 т. / Под ред. В.А. Филова [и др.]. — СПб.: Профессионал, 2004–2007. — Т. 2–4.

## JUSTIFICATION OF THE RESEARCH OBJECTIVE OF THE MULTICOMPONENT AIR POLLUTION INFLUENCE ON PUBLIC HEALTH UNDER PRESENT-DAY CONDITIONS

*Sheuchuk L.M., Dziarzhynskaya N.A.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The article presents the materials justifying the study objective of the multicomponent air pollution influence on public health under present-day conditions. The analysis of domestic and international databases and research results according to the combined effect of air chemical pollutants has been carried out. The existing approaches to the assessment of ambient air quality taking into account the multi-component nature of the pollution have been analyzed.

**Keywords:** multi-component air pollution, combined action of chemical pollutants, assessment of ambient air quality.

Поступила 19.07.2016

# ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

## ИЗУЧЕНИЕ ОПЫТА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ «ПОВЕДЕНИЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В ОТНОШЕНИИ ЗДОРОВЬЯ» (HSBC)

Борисова Т.С., Занкевич И.Г.

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье представлен обзор существующих на современном этапе методических подходов к изучению образа жизни, а также результаты гигиенической оценки образа жизни учащихся 5–11-х классов учреждений общего среднего образования с целью разработки научно обоснованной системы профилактики и здоровьесбережения населения. Установлены приоритетные поведенческие факторы риска современных подростков: гиподинамия, дефекты рациона питания, компьютерная зависимость, курение и потребление алкогольных напитков. Обоснована необходимость своевременного выявления и устранения факторов риска образа жизни как основы сохранения здоровья подрастающего поколения.

**Ключевые слова:** образ жизни, состояние здоровья, дети, подростки, поведение, факторы риска.

**Введение.** Одним из ведущих направлений профилактической медицины в современных условиях является комплексный подход к изучению состояния здоровья различных групп населения, прежде всего, детского в связи с воздействием факторов окружающей среды и условий жизнедеятельности, совершенствование методологии оценки риска, выявление приоритетных проблем в области формирования здоровья, прогнозирование тенденции состояния здоровья, повышение эффективности использования ресурсов его сохранения и управления им [1, 2].

Фундамент здоровья взрослого населения страны закладывается в детском и подростковом возрасте, поэтому здоровье молодых людей служит индикатором здоровья общества в целом [3]. Базисом гармоничной жизнедеятельности человека является здоровый образ жизни, определяемый его повседневным мотивированным поведением. В связи с чем гигиеническая оценка образа жизни подростков, выявление факторов риска образа жизни и их своевременное устранение представляет собой не только основу сохранения здоровья подрастающего поколения, но и играет важную роль в определении физического и интеллектуального потенциала будущих трудовых ресурсов и демографической безопасности государства.

**Цель работы** — обоснование методических подходов к изучению образа жизни подростков и определение приоритетных поведенческих факторов риска как базис для разработки научно обоснованной системы профилактики и здоровьесбережения населения.

**Материалы и методы.** Осуществлен аналитический обзор существующих современных методических направлений диагностики поведенческих факторов риска. С помощью анкет-опросников «Унифицированная анкета для мониторинга факторов риска образа жизни», адаптированных для каждой возрастной категории детей и подростков, проанкетировано 300 учащихся 5–11-х классов общеобразовательных учреждений г. Минска. Статистическая обработка осуществлена с помощью компьютерной программы MS Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Неблагоприятная тенденция состояния здоровья детей и подростков приобрела на сегодняшний день устойчивый характер и проявляется в ухудшении состояния здоровья подрастающего поколения всех возрастных групп, что неизменно скажется в дальнейшем на качестве трудовых ресурсов и воспроизводстве будущих поколений. Все это диктует необходимость повышения эффективности использования ресурсов сохранения и управления здоровьем населения.

Одним из наиболее действенных инструментов управления здоровьем населения в современных условиях является гигиеническая диагностика, направленная, прежде всего, на выявление условий и факторов, которые могут вызвать заболевание или значительно повысить риск его возникновения. Для установления гигиенического диагноза важны временные отношения изменений показателей здоровья, а также применение в качестве гигиенических критериев показателей здоровья, отражающих негативные изменения окружающей среды.

Алгоритм гигиенической диагностики включает исследование неблагоприятных факторов природной и социальной среды; анализ информации и формирование гипотез о «факторах риска»; исследование состояния здоровья человека и коллективов; сбор, систематизацию и хранение информации (создание банка данных); выбор репрезентативных показателей, характеризующих неблагоприятные факторы и здоровье, и методов математической обработки; математико-статистическую обработку; установление ведущих неблагоприятных факторов и их долевое влияние на здоровье.

Признаками здоровья детей и подростков наряду с показателями роста и развития, функционального состояния и резервных возможностей организма и должной степени устойчивости его к действию повреждающих факторов являются мотивация поведения в отношении здоровья и уровень морально-волевых качеств. В связи с чем для характеристики состояния здоровья в современной медицине широкое распространение получил термин «образ жизни, связанный со здоровьем». Впервые этот термин был предложен Kaplan и Bush в 1982 г. с целью выделения аспектов качества жизни, относящихся к состоянию здоровья и заботы о нем.

Согласно современным представлениям связанное со здоровьем качество жизни подразумевает категорию, включающую в себя сочетание условий жизнеобеспечения и состояния здоровья, позволяющих достичь физического, психического, социального благополучия и самореализации [4], поэтому изучение качества жизни, связанного со здоровьем, должно включать факторы образа жизни и поведения по отношению к здоровью (самосохранительного, здоровьесберегающего поведения).

Изучение образа жизни в настоящее время является общепринятым в международной практике высокоинформативным, чувствительным и экономичным методом оценки состояния здоровья как населения в целом, так и отдельных социальных групп. Изучение образа жизни особенно важно в социально-медицинских популяционных исследованиях с выделением групп риска, обеспечением динамического наблюдения за группами риска и оценкой эффективности профилактических программ.

Методические подходы к исследованию образа жизни в его взаимосвязи со здоровьем в содержательном отношении весьма разнообразны.

Для диагностики степени удовлетворенности совокупностью жизненных проявлений человека используется показатель самооценки здоровья. Он представляет собой субъективный показатель общего состояния здоровья и самочувствия. Оценка подростками своего состояния здоровья формируется на основе общего ощущения жизнедеятельности, включая параметры физического и нефизического здоровья.

Показатель удовлетворенности жизнью используется для измерения общей оценки человеком качества своей жизни и является важным аспектом благополучия. Он позволяет непосредственно оценить, насколько молодые люди способны адаптироваться к условиям среды и обладают навыками социализации.

В число наиболее важных соотносительных понятий удовлетворенности жизнью для молодых людей входят их социальные отношения с родителями и сверстниками. Важным показателем уровня благополучия являются также регистрируемые жалобы на здоровье: головная боль, боли в спине, психоневрологические симптомы (нервозность или раздражительность) и многое другое [6].

Для целей диагностики различных поведенческих факторов риска применяются различные группы методов и методик: клинико-психологические методы (наблюдение, беседа, интервью); клинические опросники и шкалы; многомерные личностные опросники; проективные методики; когнитивные тесты и психосемантические методики.

Несмотря на разнообразие методик, единственным оправданным инструментом исследования образа жизни на сегодняшний день выступает опросник. В зависимости от направлений исследования имеется несколько классификаций опросников. Выделяют общие и специальные опросники. Специальные опросники, в свою очередь, подразделяются по областям медицины, по изучаемой нозологии. Выделяют также опросники, специфичные для определенного состояния или определенной группы населения [7].

При опросах в молодежной среде единицей наблюдения является подросток, проживающий в стране, осуществляющий исследование. Кодекс о браке и семье Республики Беларусь определяет человека от рождения до достижения 18 лет как несовершеннолетнего, до достижения 14 лет — как малолетнего, в возрасте от 14 до 18 лет — как подростка [6]. Согласно же заключению ВОЗ подростковым возрастом является период от 10 до 19 лет, а возраст 10–14 лет относится к раннему (младшему) подростковому, 15–19 — старшему подростковому возрасту.

Наиболее репрезентативными методиками, позволяющими объективно исследовать образ жизни подростков, в настоящее время принято считать методические наработки, полученные в рамках реализуемого с 1982 г. международного проекта «Поведение детей школьного возраста в отношении здоровья» (HBSC). HBSC — это совместное с ВОЗ международное исследование, проводимое во многих странах и регионах Восточной и Западной Европы, Азии и Северной Америки [7].

Международные отчеты, которые составляются научно-исследовательской сетью HBSC и издаются Европейским региональным бюро ВОЗ, предоставляют наиболее всестороннюю из существующих в мировом масштабе картин состояния здоровья и благополучия подростков [6, 7].

Цель исследования HBSC — используя данные на национальном и международном уровнях, получить более полное представление о состоянии здоровья и благополучии молодого поколения; лучше понять социальные детерминанты здоровья; предоставить информацию для корректировки политики и практики с целью улучшения жизни подростков.

Исследования в рамках проекта HBSC проводятся каждые четыре года. Данные собираются во всех участвующих в проекте странах и областях путем исследований на базе школ с использованием общего протокола международного научного исследования.

Основным инструментом обследования в рамках указанного проекта является стандартная анкета, разработанная международной научно-исследовательской сетью. Анкета состоит из набора обязательных пунктов, которые каждая страна или область должны использовать в обязательном порядке для сопоставимости данных, и факультативных пунктов (по усмотрению исследователя могут быть исключены или заменены другими). В целевой контингент исследования входят молодые люди, посещающие школу, в возрасте 11, 13 и 15 лет.

Для массовых социологических опросов учащиеся отбираются на основе использования групповой выборки, при которой начальной дискретной единицей является школьный класс или школа.

Анкета претерпевает некоторые изменения с течением времени в соответствии с появлением других актуальных аспектов образа жизни подростков. Необходимым условием при составлении подростковых опросников является учет специфики изменений, происходящих в этом возрасте. По мере взросления подросток существенно меняется: подвержен изменениям в связи с процессом полового созревания; приобретает новые познавательные возможности; выстраивает иерархию мотивов, определяющих сферу его предпочтений; вырабатывает новые способы регуляции своего поведения (учится управлять собой); формирует собственные взгляды на происходящие события; делает первые жизненные выборы (профессия, любимый человек, направление саморазвития и т. п.); устанавливает новые отношения с родителями с учетом роста самостоятельности и независимости; вступает в избирательные межличностные отношения дружбы и любви со сверстниками; учится самостоятельно жить в социуме. Все эти аспекты жизнедеятельности подростка существенно влияют на его поведение, в т. ч. и поведение в отношении здоровья, поэтому подлежат мониторингу.

Отношение человека к своему здоровью проявляется в действиях и поступках, выражается мнениями и суждениями относительно причин, влияющих на его психическое и физическое благополучие. При исследовании отношения индивида к собственному здоровью весьма важным аспектом является субъективная оценка или самооценка человеком своего состояния здоровья как своеобразный индикатор и регулятор его здоровьесберегающего поведения.

В ходе осуществленного нами исследования установлено, что более половины (77%) обследованных учащихся оценивает состояние своего здоровья как хорошее и скорее хорошее. При этом около 1/3 подростков осознает, что недостаточно уделяет внимания собственному здоровью. У 36% школьников регистрируются хронические заболевания.

Преобладающее большинство учащихся к факторам, ухудшающим состояние их здоровья, относит экологические условия, качество питания и условия обучения.

В шкале жизненных ценностей обследованного контингента лидирует дружба — 64%, затем следует здоровье — 62%, образование и знания — 53%, любовь и семья — по 51%.

Подростки достаточно осведомлены об основных компонентах здорового образа жизни, на что указывает рейтинг распределения, по их мнению, факторов, благоприятно влияющих на состояние здоровья человека, в порядке убывания их вклада в формирование здоровья: правильное питание, достаточная физическая активность, отказ от вредных привычек, полноценный отдых, благоприятные экологические условия, хорошие условия труда и отдыха, взаимопонимание в семье и коллективе, качественное медицинское обслуживание и на последнем месте материальное благополучие. Однако, несмотря на понимание роли рационального питания в обеспечении оптимальной жизнедеятельности, 80,4% учащихся указывает на несоблюдение ими режима питания. Питание подростков нерегулярное: завтракают и ужинают дома всего лишь 48% учащихся, систематически обедают в школе 75%, остальные используют домашнее питание либо организуют питание самостоятельно. Рацион подростков весьма разнообразен, вместе с тем наблюдается превалирование высокоуглеводных продуктов, таких как бутерброды и выпечка, являющихся фактором риска развития «болезней цивилизации» и ежедневно присутствующих в питании 49% респондентов. Как следствие, у 39% обследованных школьников регистрируется отклонение массы тела от должной: у 21% отмечается ее избыток, у 18% — недостаток. С целью коррекции несбалансированного фактического питания многие подростки используют витаминно-минеральные комплексы, однако около 1/3 из них не чаще 1 раза в год или не употребляет вовсе.

Почти все опрошенные убеждены в важности для поддержания здоровья адекватной физической нагрузки, при этом 93% респондентов отметили, что ведут преимущественно «сидячий образ жизни». Для компенсации недостатка двигательной активности только около половины опрошенных прибегает к активным видам деятельности: 1–2 раза в неделю работает по дому либо совершает прогулки на свежем воздухе, занимается физическими упражнениями и спортом в рамках учебной программы. При этом 41% учащихся свой досуг преимущественно проводит за экраном телевизора или компьютера, 25% — посвящает кружкам и дополнительным занятиям, остальные используют разнопланово. Во время каникул 29% респондентов остаются дома, 25% — отдыхают на даче или в деревне, 18% — ездят в туристические поездки, 15% — навещают родственников, 11% — отдыхают в санаториях, лагерях, домах отдыха. Подрабатывают в период каникул 2% учащихся.

В режиме дня учащихся, особенно старшеклассников, отмечается дефицит не только двигательного компонента, но и пассивного отдыха, необходимого для восстановления работоспособности. Среди учащихся выпускных классов продолжительность сна 8 ч и более имеет место только у 22%.

В ходе исследования выявлены некоторые особенности формирования психоэмоционального статуса подростков. Около 50% учащихся систематически испытывает чувство напряженности, сильной подавленности и стресса. Стресс в подростковой среде чаще всего обусловлен особенностями взаимоотношений со сверстниками, учителями, родителями, а также неудовлетворенностью жизнью. Для снятия усталости и напряженности большинство опрошенных предпочитает пассивные формы релаксации, такие как сон, чтение, просмотр телепередач, компьютерные игры либо виртуальное общение со сверстниками.

Подростковый период характеризуется бурным скачком полового созревания и первыми сексуальными отношениями. Среди старшеклассников, имевших сексуальный опыт, преобладают мальчики (6,5%) по сравнению с девочками (1,9%). При этом независимо от половой принадлежности 100% из них использует индивидуальные средства предохранения от инфекций, передаваемых половым путем и нежелательной беременности.

Одним из основополагающих компонентов здорового образа жизни является устойчивость к вредным привычкам. Несмотря на достаточно высокую валеограмотность школьников, у половины из них отсутствует устойчивая мотивация к индивидуальному здоровьесбережению и, как следствие, имеется ряд поведенческих факторов риска, оказывающих неблагоприятное влияние на состояние их здоровья. В анализируемой подростковой среде достаточно распространены различные формы саморазрушающего поведения и, прежде всего, курение — один из ведущих факторов риска развития заболеваний. Согласно данным исследования среди опрошенных курят 11%, из них постоянно курят 2%, от случая к случаю — 9%. Доля респондентов, бросивших курить, составила 15%. Доля учащихся, которые несколько раз в мес употребляют легкие вина, составляет 9,3%, крепкие алкогольные напитки — 8,5%, пиво — 18,5%. Пробовали наркотические и/или токсические вещества 4% подростков. Около 20% школьников отличается рискованным поведением на дороге, способны нарушить правила дорожного движения и технику безопасности при работе с движущимися, вращающимися оборудованием и электроприборами.

**Заключение.** Неотъемлемым компонентом прогнозирования и разработки перспективных программ здоровьесбережения населения страны является изучение здоровья подрастающего поколения. Общепринятым в международной практике высокоинформативным, чувствительным и экономичным методом оценки состояния здоровья подростков является изучение их образа жизни с помощью анкетирования, позволяющее диагностировать критерии их психологической совместимости, преимущественные поведенческие факторы риска и доминирующие ценностные установки, определяющие поведение в отношении здоровья. Ведущими поведенческими факторами риска современных подростков являются гиподинамия, нерационально организованный досуг, дефекты питания и здоровьеразрушающее поведение (компьютерная зависимость, курение и потребление алкогольных напитков). Донозологическая диагностика характера распространенности поведенческих факторов риска представляет собой базис для разработки обоснованных приоритетных направлений профилактических мероприятий.

#### Литература

1. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. — М.: Медицина, 1979. — 298 с.
2. Молодцов, С.А. Особенности здоровья подростков и пути его укрепления / С.А. Молодцов. — Н. Новгород, 1997. — 24 с.
3. Кучма, В.Р. Гигиенические проблемы школьных инноваций / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, М.И. Степанова. — М.: Науч. центр здоровья детей РАМН, 2009. — 355 с.
4. Гарганеев, С.В. Современный подросток с зависимым поведением: проблематика, вопросы превенции и психотерапии / С.В. Гарганеев // Сибир. мед. обозрение. — 2011. — № 4. — С. 82–85.
5. HBSC Obesity Writing Group. Overweight in school-aged children and its relationship with demographic and lifestyle factors: results from the WHO-collaborative Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study / E.A. Haug [et al.] // Int. J. Public Health. — 2009. — № 54. — P. 167–169.
6. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2009/2010 survey [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.euro.who.int/ru>. — Date of access: 13.10.2015.
7. Electronic media, violence, and adolescents: an emerging public health problem / M.F. Hertz [et al.] // J. Adolescent. Health. — 2007. — № 41. — P. 25.

## LEARNING EXPERIENCES AND IMPLEMENTATION OF RESEARCH METHODOLOGY "BEHAVIOR OF SCHOOL AGE CHILDREN WITH REGARD TO HEALTH" (HSBC)

*Borisova T.S., Zankevich I.G.*

*Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus*

The article provides an overview of the methodological approaches of the study of lifestyle, as well as the results of hygienic assessment of conditions and way of life of pupils of 5–11 classes of general secondary education institutions in order to develop systems for prevention and health preservation. Identified priority lifestyle risk factors: lack of physical activity, the defects in the diet, smoking, drinking alcohol. The necessity of timely detection and elimination of lifestyle risk factors as a basis for preserving the health of the younger generation.

**Keywords:** lifestyle, health, children and adolescents, behavior, risk factors.

Поступила 19.07.2016

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОБУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ

*Борщевская Т.И., Бацукова Н.Л., Сазановец А.В., Ободова В.А.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье приведены результаты анкетирования 351 студента 1–6 курсов лечебного факультета Белорусского государственного медицинского университета, отражающие влияние условий обучения на состояние здоровья студентов лечебного факультета Белорусского государственного медицинского университета.

**Ключевые слова:** студенты, условия обучения, состояние здоровья.

**Введение.** Студенты являются резервом высококвалифицированных специалистов для различных отраслей экономики нашей страны, а также социальной группой определяющей здоровье будущих поколений. Охрана здоровья, повышение работоспособности студентов высших учебных учреждений образования является составной частью общегосударственной задачи по сохранению и укреплению здоровья населения Республики Беларусь [1]. В последнее время вызывают беспокойство негативные изменения состояния здоровья и образа жизни учащейся молодежи, в т. ч. студентов-медиков [2, 3].

Актуальность работы обусловлена озабоченностью состоянием здоровья студентов высших учреждений образования медицинского профиля в связи со специфическими особенностями учебного процесса. К ним можно отнести такие, как разобщенность учебных баз (клинических и теоретических), что в свою очередь предполагает значительные временные затраты на переезд в связи с фронтальной формой организации учебного процесса. Кроме того, процесс получения информации в ходе профессиональной подготовки сопряжен с негативными ассоциациями (например, боль, травмы, смерть и т. д.); помимо этого, физические, химические и биологические факторы больничной среды могут способствовать снижению уровня защитных механизмов организма и аллергизации.

**Цель работы** — гигиеническая оценка влияния условий обучения на состояние здоровья студентов лечебного факультета Белорусского государственного медицинского университета (далее — БГМУ).

Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Оценить изменения в состоянии здоровья студентов в процессе обучения.
2. Проанализировать основные причины, вызвавшие изменения в состоянии здоровья студентов.
3. Дать сравнительную оценку состояния здоровья студентов по результатам медицинских осмотров за последние 2 года.

**Материалы и методы.** В ходе работы был использован метод социологического опроса, реализуемый путем анонимного анкетирования, проведенного среди студентов 1–6 курсов лечебного факультета. В анкетировании приняли участие 351 респондент, из них студенты 1-го курса — 107 человек, 2-го курса — 58, 3-го курса — 54, 4-го курса — 46, 5-го курса — 49, 6-го курса — 37 человек. Среди опрошенных 67,23% составляли девушки и 32,47% — юноши. Анонимная анкета содержала 78 вопросов, касающихся оценки социально-гигиенического, медико-биологического и психо-функционального статуса студентов. Для оценки заболеваемости в динамике использованы данные состояния здоровья студентов, предоставленные УЗ «33-я городская студенческая поликлиника».

Полученные сведения систематизированы по годам, подвергнуты статистической обработке с использованием математических приемов, адекватных поставленным задачам. Получена достоверная вероятность различий при  $p > 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Оценка соматического здоровья показала, что большинство студентов оценивают состояние собственного здоровья как удовлетворительное (студенты 1-го курса — 51%, 2–3-го — 75%, 4–6-го — 38%) и неудовлетворительное (23; 21 и 59% соответственно) и только студенты 1-го курса (26%) оценили его как хорошее.

При этом следует отметить, что состояние здоровья студентов ухудшается в процессе обучения: больше половины студентов 4–6 курсов (57%) и около 43% студентов 1–3-го курсов указывают на ухудшение здоровья по сравнению с тем, что было до поступления в университет.

Неудовлетворительное состояние здоровья большинство респондентов связывают в первую очередь с наличием хронических заболеваний (75–38% в зависимости от курса обучения), на втором месте — частые простудные заболевания (особенно на 1-м курсе — 26%) и неправильный режим дня (на 1–3 курсах — 21–23% и 59% на 4–6 курсах).

Настораживает тот факт, что у половины студентов уже с 1-го курса имеются хронические заболевания. Также можно заметить незначительный рост количества хронических заболеваний в процессе обучения (чаще всего сердечно-сосудистые заболевания и заболевания желудочно-кишечного тракта).

Большинство респондентов указывают на ухудшение зрения (61% на 1-м курсе и 74–76% на 2–6 курсах), однако освещенность практических и лекционных аудиторий 90% из них считают достаточной. Больше половины всех опрошенных студентов (55–73%) отмечают у себя частые головокружения и подверженность сезонным заболеваниям (в среднем 59%).

Преобладающее число студентов младших курсов (2–3 курс) заботятся о своем здоровье лишь периодически, в то время как у старших курсов повышается уровень медицинской активности и заботы о своем здоровье. Основной причиной такой незаинтересованности в собственном здоровье, по мнению респондентов, оказались нехватка времени (65–87%) и нехватка силы воли (11%).

В вопросе о способах заботы о своем здоровье большинство респондентов 1, 4–6 курсов по степени приоритетности поставили на 1-е место отказ от вредных привычек (приема алкоголя, курения), в то время как студенты 2–3-го курса выбрали активный образ жизни. При этом прогулки на свежем воздухе все респонденты поставили на последнее место.

При ответе на вопрос «Что является для вас наиболее важным в жизни?» студенты 2–6 курсов на 1-е месте поставили «здоровье», а на последнем — «карьера» и «престижная работа», а первокурсники — «благополучная семья», что свидетельствует, очевидно, о сложности адаптации к «студенческой жизни».

При оценке влияния факторов внешней среды было выявлено негативное влияние активного использования транспорта на самочувствие студентов 2–6 курсов (46–48%). Студенты на 1-м курсе (99%) не отмечают негативного влияния транспорта на свое состояние, что можно объяснить спецификой обучающего процесса (на первом курсе занятия в основном проводятся в главном корпусе университета).

Длительные переезды значительно снижают внимание студентов во время занятия (по мнению 84–98% студентов), однако обойтись без общественного транспорта студенты не могут, что связано с разобщенностью учебных баз.

Для оценки стрессоустойчивости студентам было предложено оценить свое состояние по 5 основным видам:

- 1 — сильное отрицательное: сильное неудовольствие, ярость, отчаяние, ужас;
- 2 — слабое отрицательное: слабое неудовольствие, гнев, огорчение, обида, тревога, страх;
- 3 — нейтральное: спокойствие, уверенность;
- 4 — слабое положительное: слабое удовольствие, удовлетворенность;
- 5 — сильное положительное: сильное удовольствие, радость, восторг.

Как показали результаты анкетирования в обычный учебный день большинство студентов 1, 4–6 курсов находятся в нейтральном состоянии: спокойствие и уверенность, а студенты 2–3 курса получают слабое удовольствие и удовлетворенность. К концу учебного дня половина студентов 1-го курса ощущают легкое неудовольствие, гнев, огорчение, а студенты 2–6 курсов — спокойствие и уверенность. В день коллоквиума большинство студентов 1–6 курсов чувствуют страх, гнев и огорчение, а в дни с несколькими коллоквиумами или сдачи экзаменов студенты 1 курса ощущают отчаяние и ужас. В начале учебного года большинство студентов 1–3 курсов ощущают слабое удовольствие и удовлетворенность, а студенты 4–6 курсов сильное удовольствие, радость и восторг. Перед сессией большинство студентов испытывает гнев и страх, однако в конце сессии почти 100% студентов испытывают радость и восторг.

Причинами трудностей в учебной деятельности студенты 1-го курса считают недостаточность самостоятельной работы в семестре (19%), утомление и нервное напряжение (33%), личную неорганизованность (21%) и резкое увеличение нагрузки (15%), студенты же 2–6 курсов в основном ссылаются на утомление и нервное напряжение (26–47%). Большая часть опрошенных (1 курс — 76%, 2–3 курс — 100%, 4–6 курс — 94%) оценивает свои возможности как студента на среднем уровне (4–8 баллов), степень утомляемости на 1, 4–6 курсах в основном средняя (у 65 и 39% соответственно), на 2–3 курсах лидирует высокая степень утомляемости (57%).

На 1 курсе академические группы отличаются дружбой и сплоченностью (по мнению 89% респондентов), в то время как на 2–6 курсе они распадаются на микрогруппы (93–97%). Большинство студентов указали, что лишь некоторые предметы сложны для них в изучении (76% на 1-м курсе). Все 100% опрошенных не жалеют о своем поступлении в БГМУ.

На вопрос «Как изменился уровень Вашего постоянного стресса за последние 3 мес. учебы?» 65% респондентов 1-го курса ответили — «незначительно возрос», 42% студентов 4–6 курса считают, что не изменился, а на 2–3 курсах мнения разделились примерно поровну между «не изменился», «незначительно и значительно возрос». При этом стресс, связанный с учебой, проявляется в невозможности избавиться от посторонних мыслей, повышенной отвлекаемости, плохой концентрации внимания, спешке, ощущении постоянной нехватки времени, плохом сне. Наиболее часто используемыми приемами снятия стресса респонденты называют вкусную еду, перерыв в работе или учебе, сон, общение с друзьями или любимым человеком, поддержка или совет родителей, прогулки на свежем воздухе. Кроме того 63% студентов 2–6 курсов отметили факт употребления седативных препаратов с момента поступления в университет.

При анализе медицинской активности студентов было установлено, что большинство из них посещают врачей-специалистов различных профилей в среднем 3–4 раза в год. По справке не посещают занятия 1–2 раза в год около половины студентов, однако, учитывая тот факт, что к врачам студенты обращаются чаще всего с уже существующей проблемой, можно предположить, что в остальных случаях, несмотря на наличие освобождений, студенты посещают занятия в состоянии болезни, чтобы потом не отработывать. Больше половины студентов 4–6 курсов утверждают, что с момента поступления в БГМУ стали чаще болеть.

Для сравнения данных, полученных при анкетировании, были использованы статистические данные УЗ «33-я городская студенческая поликлиника». По сравнению с 2014 г. отмечается рост заболеваемости студентов БГМУ на 25,4%. Первичная заболеваемость в 2015 г. увеличилась на 36,1% по сравнению с 2014 г.

Структура общей заболеваемости: на 1-м месте болезни мочеполовой системы (84,8% — гинекологические заболевания, 2,9% — болезни почек); на 2-м — болезни органов дыхания; на 3-м — болезни глаз (47,2% — миопия); на 4-м — инфекционные заболевания. В 2015 г. отмечается прирост заболеваемости по болезням органов дыхания, инфекционным заболеваниям, болезням органов пищеварения, увеличилась общая заболеваемость по болезням мочеполовой системы.

В структуре первичной заболеваемости, как и в общей заболеваемости, болезни мочеполовой системы на 1-м месте и составляют 36,5% (85,5% из них составляют болезни органов малого таза), на 2-м месте болезни органов дыхания (97,9% из них представлены ОРИ верхних дыхательных путей), на 3-м — инфекционные болезни (преимущественно инфекции передаваемые половым путем), на 4-м — болезни глаз (для сравнения: в 2013 г. они находились на 7-м месте), на 5-м — травмы и отравления (74% — травмы конечностей), болезни уха и сосцевидного отростка на 6-м месте, на 7-м — болезни костно-мышечной системы (67,7% — составляют дорсопатии). В 2015 г. отмечается увеличение первичной заболеваемости по всем классам заболеваний (таблица).

Таблица — Динамика первичной заболеваемости студентов БГМУ за 2014–2015 гг. (M±m)

Место	Класс болезней	Заболеваемость на 1000 населения, 2014 г.	Заболеваемость на 1000 населения, 2015 г.
1	Болезни мочеполовой системы	167,31±8,22*	239,5±19,35*
2	Болезни органов дыхания	152,9±7,31*	196,3±11,41*
3	Инфекционные заболевания	48,8±2,14*	78,7±5,14*
4	Болезни глаз	21,8±1,38*	29,9±1,15*
5	Травмы и отравления	20,3±1,17	20,5±1,22
6	Болезни уха и сосцевидного отростка	20,0±1,33	20,0±1,78
7	Болезни костно-мышечной системы	17,6±1,34	20,0±1,38

Примечание — \* — различия между первичной заболеваемостью студентов БГМУ за 2014 и 2015 гг. статистически значимы на уровне  $p < 0,05$ .

Результаты всеобщей диспансеризации за 2015 г. показали почти 100% уровень прохождения медицинского осмотра студентами.

**Заключение.** В результате исследования установлено ухудшение состояния здоровья студентов в процессе обучения, связанное, по субъективному мнению студентов, с высокой учебной нагрузкой, разобщенностью теоретических и клинических баз, отрицательными эмоциями. Немаловажное значение имеют поведенческие факторы риска, обусловленные нерациональным режимом дня и недостаточной ориентацией на здоровый образ жизни, что требует разработки и внедрения в студенческую среду комплекса профилактических мероприятий. В качестве коррекционных мер могут быть предложены индивидуальные и групповые консультации — тренинги по гигиеническому обучению и воспитанию студентов для формирования здорового образа жизни.

#### Литература

1. Результаты мониторинга физического здоровья студентов на основе активной самооценки / Е.А. Каложный [и др.] // Науч. мнение. — 2012. — № 4. — С. 133–137.
2. Ушакова, Я.В. Здоровье студентов и факторы его формирования / Я.В. Ушакова // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского. — 2007. — № 4. — С. 197–202.
3. Тимербулатов, В.М. Роль вуза в формировании врачебных кадров и сохранении их здоровья / В.М. Тимербулатов // Медицина труда и пром. экология. — 2005. — № 7. — С. 17–20.

### HYGIENIC ASSESSMENT OF EDUCATIONAL CONDITIONS INFLUENCE ON HEALTH STATUS OF STUDENTS-PHYSICIANS

*Borshchenskaya T.I., Batsukova N.L., Sazanovets A.V., Obodova V.A.*

*Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus*

The survey results of 351 students of 1–6 courses of Belarusian State Medical University, Medical Faculty have been performed in the article. The results show the influence of the educational environment on the health of the medical faculty students of the Belarusian State Medical University.

**Keywords:** students, educational conditions, health status.

Поступила 19.07.2016

### ФАКТОРЫ ШКОЛЬНОЙ СРЕДЫ И РЕЖИМА ПИТАНИЯ В ГЕНЕЗЕ НЕВРОТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ У ДЕТЕЙ СРЕДНЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

*Гозак С.В., Елизарова Е.Т., Парац А.Н., Филоненко О.О., Шумак О.В.*

*Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева  
Национальной Академии медицинских наук Украины», Киев, Украина*

**Реферат.** В результате исследований установлено, что 13,8±2,5% мальчиков и 24,4±3,2% девочек среднего школьного возраста имеют клинические проявления неврозов, а 24,3±3,1% мальчиков и 31,7±3,5% девочек — склонность к их развитию. В структуре неврозов детей этой возрастной группы преобладают нарушения поведения (12,5±1,7% детей), вегетативные нарушения (6,8±1,3% детей), нарушения сна (5,4±1,2% детей). Установлено, что у девятиклассников по сравнению с пятиклассниками вероятность развития астении выше в 4,5 раза ( $p < 0,01$ ), депрессии — в 3,9 раза ( $p < 0,05$ ), нарушений поведения — в 2,4 раза ( $p < 0,001$ ), вегетативных расстройств — в 2,0 раза ( $p < 0,05$ ). Выявлено возрастание риска развития невротических расстройств у детей среднего школьного возраста с ухудшением питания и увеличением негативного влияния факторов учебной нагрузки ( $p < 0,05–0,001$ ), что свидетельствует о необходимости оптимизации этих факторов с целью приведения их в соответствие с психофункциональными возможностями детей. Для этого необходим, во-первых, пересмотр объема и структуры учебной нагрузки, во-вторых, повышение осведомленности родителей и учеников об аспектах рационального питания.

**Ключевые слова:** депрессия, астения, вегетативные расстройства, нарушение поведения, нарушение сна, тревожность, учебная нагрузка, сложность учебных предметов, режим питания, ученики среднего школьного возраста.

**Введение.** Подростковый период сопровождается стремительными биологическими и психосоциальными изменениями, влияющими на все аспекты последующей жизни. Известно, что мозг подростка наделен необычной способностью к изменению и адаптации [1], поэтому влияние как позитивных, так и негативных внешних факторов вносит существенные изменения в формирование личности, здоровья и связанных со здоровьем факторов поведения, в т. ч. и риском проявления психических расстройств [2, 3].

Половина всех расстройств психического здоровья во взрослом периоде начинает манифестировать до 14 лет, однако в большинстве случаев они остаются вне поля зрения родителей и врачей [3]. Между тем распространенность психических расстройств среди подростков в разных странах мира (Канада, США, Германия, Швейцария, Испания, Япония, Бразилия) составляет 12,7–22,5% [4], следовательно, регулярные обследования школьников относительно возможного развития невротических расстройств являются актуальными. В основе формирования невротических симптомокомплексов лежит нарушение высшей нервной деятельности, вызванное перенапряжением основных корковых процессов (торможение или возбуждение) полифакторной этиологии [4]. К основным факторам риска формирования невротических симптомокомплексов относятся синергическое действие биологических (наследственность, травмы, неправильное питание, интоксикация), психологических (тип личности, усталость) и социальных механизмов (семейные и общественные конфликты, нерациональное построение школьного процесса, неблагоприятная атмосфера в школе).

**Цель работы** — оценка динамики проявления невротических расстройств у детей среднего школьного возраста с 5-го по 9-й классы с учетом таких факторов риска, как особенности питания и школьная нагрузка.

**Материалы и методы.** Проведено тестирование по методике «Детский опросник невротозов» (ДОН) (Седнев В.В., 1992) 369 школьников в возрасте от 10 до 15 лет (189 мальчиков и 180 девочек) трех школ Днепровского района г. Киева., из них 117 учеников 5-го класса (54 мальчика и 63 девочки), 123 ученика 7-го класса (66 мальчиков и 57 девочек) и 129 учеников 9-го класса (69 мальчиков и 60 девочек), с целью определения доли детей с невротическими нарушениями. Исследованные группы по полу не различались ( $p > 0,5$ ).

Вопросы опросника систематизированы в шести основных аспектах проявлений невротических расстройств: депрессии, астении, нарушения поведения, вегетативных расстройств, нарушений сна, тревожности. Тест содержит 41 вопрос с вариантами ответов да/нет, в т. ч. вопросы для проверки на искренность, и предназначен для самостоятельного заполнения. Ответы на вопрос оцениваются по шкалам каждого симптомокомплекса согласно ключу, переводятся с помощью коэффициентов нормирования в балльную оценку, где количество баллов в пределах 1–11 отвечает норме, 12–15 баллов — склонности к возникновению расстройств, 16–20 баллов — выраженному клиническому проявлению.

Одновременно с этим была определена суммарная сложность предметов за учебную неделю по ранговой шкале [5] и количество учебных часов за учебную неделю для каждого класса.

Особенности режима питания изучали путем анкетирования учеников относительно частоты употребления полезных, допустимых и вредных для здоровья продуктов. На основе полученных ответов была выведена интегральная оценка, выраженная в процентах. Чем ближе полученная оценка была к 100%, тем больше режим питания определенного ребенка отвечал гигиеническим рекомендациям. По сигмальной шкале интегральную оценку режима питания разделили на три степени влияния на здоровье детей: от 0 до 45,7% — опасный для здоровья, от 45,8 до 71,3% — умеренно опасный, от 71,4 до 100% — удовлетворительный.

Расчитывали относительный риск (RR) [6]. Доверительный интервал (ДИ) для RR определяли по формуле:

$$\text{ДИ(RR)} = \exp(\ln \text{RR} \pm 1,96\sigma(\ln \text{RR})).$$

Систематизация материала и первичная математическая обработка были выполнены при помощи таблиц Microsoft Excel 2013. Статистическая обработка проводилась с использованием пакета Statistica 8.0.

**Результаты и их обсуждение.** Исследования позволили установить, что среди учеников среднего школьного возраста клинические проявления невротозов выявлены у 13,8±2,5% мальчиков и 24,4±3,2% девочек. Склонность к развитию невротозов соответственно выявлена у 24,3±3,1% мальчиков и 31,7±3,5% девочек этой возрастной группы. Статистические различия между группами значимы ( $p < 0,01$ ) (таблица 1).

Таблица 1. — Распределение школьников средней возрастной группы по уровню проявления невротических расстройств ( $\chi^2 = 12,9$ ;  $p < 0,01$ ), %

Пол	Данные	Клинические проявления невротозов	Склонность к развитию невротозов	Отсутствие склонности к развитию невротозов или заболевания
Мальчики	n	26	46	117
	P±m	13,8±2,5	24,3±3,1	61,9±3,5
Девочки	n	44	57	79
	P±m	24,4±3,2	31,7±3,5	43,9±3,7
Обе группы	n	70	103	196
	P±m	19,0±2,0	27,9±2,3	53,1±2,6

Изучение средних значений баллов, полученных по методике ДОН у учеников с 5-го по 9-й классы, показало постепенное повышение среднего балла на 19,2–47,3% ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует об увеличении риска развития патологических симптомокомплексов у данной когорты детей (рисунок).

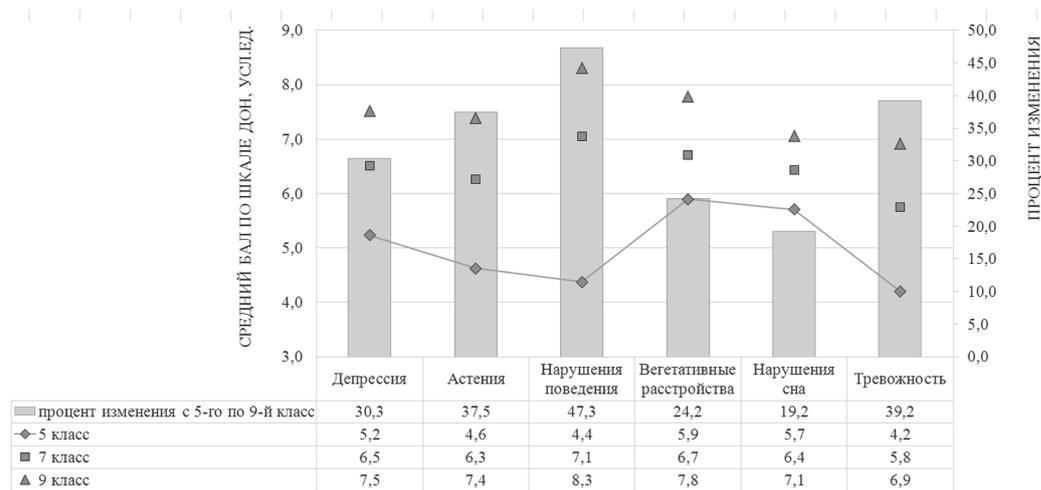


Рисунок — Возрастные особенности динамики средних баллов по методике ДОН, усл. ед.

Индивидуальная оценка результатов тестирования по шкалам проявлений невротических расстройств дала возможность определить, что в общей группе исследования доля детей с выраженными клиническими проявлениями или склонностью к нарушениям поведения составляет  $27,9 \pm 2,3\%$ , к нарушениям сна —  $24,7 \pm 2,2\%$ , к вегетативным расстройствам —  $17,3 \pm 2,0\%$ , к тревожности —  $9,2 \pm 1,5\%$ , к астении —  $8,5 \pm 1,4\%$ , к депрессии —  $7,3 \pm 1,4\%$  (таблица 2). Выраженные клинические проявления нарушения поведения выявлены у  $12,5 \pm 1,7\%$ , вегетативные расстройства — у  $6,8 \pm 1,3\%$ , нарушения сна — у  $5,4 \pm 1,2\%$ , тревожности — у  $1,4 \pm 0,6\%$ , астении — у  $1,4 \pm 0,6\%$ , депрессии — у  $0,5 \pm 0,4\%$  учеников среднего школьного возраста.

Таблица 2. — Доля учеников 5–9-х классов со склонностью к невротическим расстройствам или выраженными клиническими проявлениями ( $P \pm m$ )

Группы	Данные	Симптомокомплекс					
		депрессия	астения	нарушения поведения	вегетативные расстройства	нарушение сна	тревожность
Доля детей с выраженными клиническими проявлениями симптомокомплекса							
5 класс (n = 117)	n	1	2	8	3	4	1
	$P \pm m$	$0,9 \pm 0,9$	$1,7 \pm 1,2$	$6,8 \pm 2,3$	$2,6 \pm 1,5$	$3,4 \pm 1,7$	$0,9 \pm 0,9$
7 класс (n = 123)	n	0	0	14	3	6	1
	$P \pm m$	$0,0 \pm 0,8$	$0,0 \pm 0,8$	$11,4 \pm 2,9$	$2,4 \pm 1,4$	$4,9 \pm 1,9$	$0,8 \pm 0,8$
9 класс (n = 129)	n	1	3	24	19	10	3
	$P \pm m$	$0,8 \pm 0,8$	$2,3 \pm 1,3$	$18,6 \pm 3,4$	$14,7 \pm 3,1$	$7,8 \pm 2,4$	$2,3 \pm 1,3$
Вся когорта (n = 369)	n	2	5	46	25	20	5
	$P \pm m$	$0,5 \pm 0,4$	$1,4 \pm 0,6$	$12,5 \pm 1,7$	$6,8 \pm 1,3$	$5,4 \pm 1,2$	$1,4 \pm 0,6$
Доля детей со склонностью к формированию симптомокомплекса							
5 класс (n = 117)	n	3	2	11	11	21	7
	$P \pm m$	$2,6 \pm 1,5$	$1,7 \pm 1,2$	$9,4 \pm 2,7$	$9,4 \pm 2,7$	$18 \pm 3,6$	$6 \pm 2,2$
7 класс (n = 123)	n	6	7	19	16	21	8
	$P \pm m$	$4,9 \pm 1,9$	$5,7 \pm 2,1$	$15,5 \pm 3,3$	$13,0 \pm 3,0$	$17,1 \pm 3,4$	$6,5 \pm 2,2$
9 класс (n = 129)	n	16	17	27	12	29	14
	$P \pm m$	$12,4 \pm 2,9$	$13,2 \pm 3,0$	$20,9 \pm 3,6$	$9,3 \pm 2,6$	$22,5 \pm 3,7$	$10,9 \pm 2,7$
Вся когорта (n = 369)	n	25	26	57	39	71	29
	$P \pm m$	$6,8 \pm 1,3$	$7,1 \pm 1,3$	$15,4 \pm 1,9$	$10,6 \pm 1,6$	$19,3 \pm 2,1$	$7,9 \pm 1,4$

Установлено, что у девятиклассников по сравнению с пятиклассниками вероятность развития астении выше в 4,5 раза ( $RR = 4,53$ , ДИ  $1,59-12,88$ ;  $p < 0,01$ ), депрессии — в 3,9 раза ( $RR = 3,85$ , ДИ  $1,34-11,13$ ;  $p < 0,05$ ), нарушений поведения — в 2,4 раза ( $RR = 2,43$ , ДИ  $1,53-3,87$ ;  $p < 0,001$ ), вегетативных расстройств — в 2,0 раза ( $RR = 2,01$ , ДИ  $1,13-3,58$ ;  $p < 0,05$ ).

Выявлены отличия между средними значениями баллов по возрастно-гендерным признакам при оценке депрессивного ( $F = 11,4$ ;  $p < 0,001$ ) и астенического ( $F = 11,5$ ;  $p < 0,001$ ) симптомокомплексов, нарушения поведения ( $F = 8,8$ ;  $p < 0,001$ ), нарушения сна ( $F = 2,9$ ;  $p < 0,05$ ), вегетативных расстройств ( $F = 16,7$ ;  $p < 0,001$ ), тревожности ( $F = 8,9$ ;  $p < 0,001$ ) (таблица 3).

Таблица 3. — Характеристика гендерных особенностей распределения средних баллов по методике ДОН учеников 5–9-х классов, баллы (M±m)

Класс	Пол	n	Средний балл по шкале					
			депрессия	астения	нарушение поведения	вегетативные расстройства	нарушение сна	тревожность
5	Мальчики	54	5,3±0,4	4,7±0,5	4,6±0,7	5,4±0,6	5,9±0,6	4,2±0,5
5	Девочки	63	5,2±0,4	4,5±0,4	4,2±0,7	6,3±0,5	5,6±0,6	4,2±0,4
7	Мальчики	66	6,1±0,4	5,9±0,4	7,0±0,7	5,4±0,5	5,9±0,6	5,5±0,4
7	Девочки	57	7,0±0,4	6,7±0,5	7,2±0,7	8,2±0,6	7,1±0,6	6,1±0,5
9	Мальчики	69	6,3±0,4	6,2±0,4	6,9±0,6	5,2±0,5	6,1±0,6	6,1±0,4
9	Девочки	60	8,9±0,4	8,8±0,5	9,9±0,7	10,7±0,5	8,2±0,6	7,9±0,5

Можно отметить, что в группе мальчиков выявлена прямая зависимость между ростом значений балльной оценки и повышением возраста от 10 до 15 лет для таких невротических состояний, как астения ( $r = 0,14$ ;  $p < 0,05$ ) и тревожность ( $r = 0,16$ ;  $p < 0,05$ ). В группе девочек от 10 до 15 лет наблюдается четкая зависимость роста балльной оценки с повышением возраста по всем шкалам: депрессия ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,001$ ), астения ( $r = 0,45$ ;  $p < 0,001$ ), нарушение поведения ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,001$ ), вегетативные расстройства ( $r = 0,35$ ;  $p < 0,001$ ), нарушения сна ( $r = 0,21$ ;  $p < 0,01$ ) и тревожность ( $r = 0,41$ ;  $p < 0,001$ ).

Определено, что у девочек по сравнению с мальчиками риск развития вегетативных расстройств выше в 6,0 раз ( $RR = 5,98$ , ДИ 2,45–14,60;  $p < 0,001$ ), депрессии — в 3,7 раза ( $RR = 3,74$ , ДИ 1,29–10,85;  $p < 0,05$ ), астении — в 3,5 раза ( $RR = 3,45$ , ДИ 1,33–8,93;  $p < 0,05$ ), нарушений поведения — в 2,1 раза ( $RR = 2,11$ , ДИ 1,33–3,33;  $p < 0,01$ ), нарушения сна — в 1,8 раза ( $RR = 1,84$ , ДИ 1,07–3,17;  $p < 0,05$ ).

Расчеты показали, что большинство респондентов (68,0±2,4)% имеют умеренно опасный для здоровья режим питания, 16,4±1,9% — опасный режим и только 15,6±1,9% удовлетворительный. Изучение общей группы исследования показало увеличение количества детей с опасным режимом питания и уменьшения количества детей, придерживающихся рекомендованного режима питания от 5-го к 9-му классу ( $r = 0,11$ ;  $p < 0,05$ ).

Отличия оценки режима питания у мальчиков и девочек выявлены только в группе учеников 5-го класса ( $\chi^2 = 9,1$ ;  $p < 0,01$ ). Среди мальчиков данной группы доля детей с опасным для здоровья режимом питания составляет 23,2±5,6%, а среди девочек — 6,6±3,2%. Соответствующие показатели градации «удовлетворительный режим питания» составляют 10,7±4,1% среди мальчиков и 24,6±5,5% среди девочек. У учеников 7 и 9-го класса показатели девочек и мальчиков между собой статистически не отличались ( $p > 0,1$ ).

Поскольку статистических отличий между градациями оценки режима питания детей с выраженными невротическими расстройствами и склонностью к невротическим расстройствам не определено, то при анализе данных эти группы были объединены (таблица 4). Установлена связь между особенностями режима питания и градациями оценки по шкале ДОН у детей среднего школьного возраста: депрессии ( $\chi^2 = 12,3$ ;  $p < 0,01$ ), астении ( $\chi^2 = 6,7$ ;  $p < 0,05$ ), вегетативных расстройств ( $\chi^2 = 14,1$ ;  $p < 0,001$ ), тревожности ( $\chi^2 = 16,3$ ;  $p < 0,001$ ).

Таблица 4. — Особенности режима питания при разном уровне склонности к невротическим расстройствам у детей среднего школьного возраста (P±m)

Клинический симптомокомплекс	Градация по шкале ДОН	Данные	Режим питания		
			опасный	умеренно опасный	удовлетворительный
Депрессия	Выраженный невротический синдром и склонность к невротическим расстройствам	n	11	10	4
		%	44,0±9,9	40,0±9,8	16,0±7,3
	Норма	n	47	228	50
		%	14,5±2,0	70,2±2,5	15,4±2,0
Астения	Выраженный невротический синдром и склонность к невротическим расстройствам	n	10	16	4
		%	33,3±8,6	53,3±9,1	13,4±6,2
	Норма	n	48	222	50
		%	15,0±2,0	69,4±2,6	15,6±2,0
Вегетативные расстройства	Выраженный невротический синдром и склонность к невротическим расстройствам	n	20	33	8
		%	32,8±6,0	54,1±6,4	13,1±4,3
	Норма	n	38	205	46
		%	13,2±2,0	70,9±2,7	15,9±2,2
Тревожность	Выраженный невротический синдром и склонность к невротическим расстройствам	n	15	15	4
		%	44,1±8,5	44,1±8,5	11,8±5,5
	Норма	n	43	223	50
		%	13,6±1,9	70,6±2,6	15,8±2,1

Определена обратная корреляционная связь между количественными значениями оценки особенностей питания и значениями балльной оценки по методике ДОН. Исследования показали, что со снижением оценки режима питания повышается балльная оценка ДОН, т. е. увеличивается вероятность развития таких симптомокомплексов, как астения ( $r = -0,30$ ;  $p < 0,001$ ), депрессия ( $r = -0,27$ ;  $p < 0,001$ ), тревожность ( $r = -0,26$ ;  $p < 0,001$ ), нарушение поведения ( $r = -0,26$ ;  $p < 0,001$ ), вегетативные расстройства ( $r = -0,17$ ;  $p < 0,05$ ) у девочек и нарушения поведения ( $r = -0,18$ ;  $p < 0,05$ ), тревожность ( $r = -0,19$ ;  $p < 0,01$ ), нарушение сна ( $r = -0,13$ ;  $p < 0,05$ ), вегетативные расстройства ( $r = -0,14$ ;  $p < 0,05$ ) у мальчиков.

Исследование особенностей факторов учебного процесса показало, что ни одно из расписаний уроков в школах, принявших участие в исследовании, не отвечает гигиеническим регламентированным требованиям. Частично гигиеническим требованиям отвечают 67,0% расписаний, составленных для учеников 5-х классов, 50,0% — для учеников 7-х классов и 17,0% — для учеников 9-х классов. Доля сложных для учеников учебных предметов увеличивается от 5-го к 9-му классу от 27,0 до 56,0%.

Определена прямая корреляционная связь между показателями «суммарная сложность предметов» и «балльная оценка по методике ДОН». Так, с повышением суммарной сложности предметов у девочек повышается вероятность формирования таких невротических симптомокомплексов, как астения ( $r = 0,44$ ;  $p < 0,001$ ), депрессия ( $r = 0,42$ ;  $p < 0,001$ ), тревожность ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,001$ ), нарушения поведения ( $r = 0,39$ ;  $p < 0,001$ ), вегетативные расстройства ( $r = 0,36$ ;  $p < 0,001$ ), нарушения сна ( $r = 0,22$ ;  $p < 0,001$ ). Аналогичный анализ результатов тестирования мальчиков показал прямую корреляционную связь повышения суммарной сложности предметов и повышения вероятности развития тревожности ( $r = 0,25$ ;  $p < 0,001$ ), нарушений поведения ( $r = 0,20$ ;  $p < 0,001$ ), астении ( $r = 0,16$ ;  $p < 0,001$ ) и депрессии ( $r = 0,15$ ;  $p < 0,001$ ).

Также определена прямая корреляционная связь между показателями «количество учебных часов на неделю» и «балльная оценка по методике ДОН». Так, с повышением количества учебных часов на неделю у девочек повышается вероятность формирования таких невротических симптомокомплексов, как астения ( $r = 0,46$ ;  $p < 0,001$ ), депрессия ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,001$ ), тревожность ( $r = 0,37$ ;  $p < 0,001$ ), нарушения поведения ( $r = 0,36$ ;  $p < 0,001$ ), вегетативные расстройства ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,001$ ), нарушения сна ( $r = 0,21$ ;  $p < 0,01$ ). Аналогичный анализ результатов тестирования мальчиков показал прямую корреляционную связь повышения количества учебных часов на неделю и повышения вероятности развития тревожности ( $r = 0,21$ ;  $p < 0,01$ ).

**Заключение.** Таким образом, установлено, что 13,8±2,5% мальчиков и 24,4±3,2% девочек среднего школьного возраста имеют клинические проявления неврозов, а 24,3±3,1% мальчиков и 31,7±3,5% девочек — склонность к развитию неврозов. В структуре неврозов детей этой возрастной группы преобладают нарушения поведения (12,5±1,7% детей), вегетативные нарушения (6,8±1,3% детей), нарушения сна (5,4±1,2% детей). Вместе с тем среди учеников среднего школьного возраста доля детей со склонностью к нарушениям сна составляет 19,3±2,1%, к нарушениям поведения — 15,4±1,9%, к вегетативным расстройствам — 10,6±1,6%, к тревожности — 7,9±1,4%, к астении — 7,1±1,3%, к депрессии — 6,8±1,3%. От 5-го к 9-му классу увеличивается доля детей, имеющих склонность к развитию невротических расстройств: у девятиклассников, по сравнению с пятиклассниками вероятность развития астении выше в 4,5 раза ( $p < 0,01$ ), депрессии — в 3,9 раза ( $p < 0,05$ ), нарушений поведения — в 2,4 раза ( $p < 0,001$ ), вегетативных расстройств — в 2,0 раза ( $p < 0,05$ ).

Также установлена связь вероятности развития невротических расстройств у детей с факторами учебной нагрузки: суммарной сложностью учебных предметов в расписании ( $r = 0,15-0,44$ ;  $p < 0,001$ ); количеством учебных часов на неделю ( $r = 0,21-0,46$ ;  $p < 0,01-0,001$ ), а также с особенностями питания ( $r = 0,13-0,30$ ;  $p < 0,05-0,001$ ).

Вышеприведенные связи возрастания вероятности риска развития невротических расстройств у детей среднего школьного возраста с ухудшением питания и факторами учебной нагрузки свидетельствуют о необходимости оптимизации этих факторов, приведения их в соответствие с психофункциональными возможностями детей. Для этого необходим, во-первых, пересмотр объема и структуры учебной нагрузки, во-вторых, повышение осведомленности родителей и учеников об аспектах рационального питания.

#### Литература

1. Физиология развития ребенка. Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. — М.: МОДЭК, 2010. 768 с.
2. Mental health atlas 2014 / World Health Organization. — Geneva: WHO Press, 2015. — 72 p.
3. Здоровье подростков мира: второй шанс во втором десятилетии / World Health Organization. — Geneva: WHO Press, 2014. — 16 p.
4. Политика и планы в области охраны психического здоровья детей и подростков. (Свод методических рекомендаций по вопросам политики и оказания услуг в области психического здоровья) / ВОЗ. — Женева, 2006. — 68 p.
5. Методики гігієнічної оцінки організації навчального процесу у загальноосвітніх навчальних закладах : метод. рекомендації № 99.15/403.15 / Н.С. Полька [та інш.]. — Київ, 2015. — 38 с.
6. Эпидемиологический словарь / Под ред. Дж.М. Ласта. — М.: Глобус, 2009. — 316 с.

## FACTORS OF SCHOOL ENVIRONMENT AND DIET IN THE GENESIS OF NEUROTIC DISORDERS IN CHILDREN OF SECONDARY SCHOOL AGE

*Gozak S.V., Yelizarova O.T., Parats A.M., Philonenko O.O., Shumak O.V.*

*State Institution "O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine",  
Kyiv, Ukraine*

It was determined that the proportion of children with a tendency to sleep disorders among middle-school-age students is 19.3±2.1%, to disorders of behavior — 15.4±1.9%, to dysfunction of vegetative nervous system — 10.6±1.6% to anxiety — 7.9±1.4%, to asthenia — 7.1±1.3%, to depression — 6.8±1.3%. The marked clinical manifestations of behavioral disorders identified as 12.5±1.7%, dysfunction of vegetative nervous system — 6.8±1.3%, sleep disorders — 5.4±1.2%, anxiety — 1.4±0.6%, asthenia — 1.4±0.6%, depression — 0.5±0.4% in children of secondary school age.

The correlation of the tendency of neurological disorders and academic load has been found: the complexity of the school disciplines in the timetable ( $r = 0.15-0.44$ ;  $p < 0.001$ ); the amount of study hours per a week ( $r = 0.21-0.46$ ;  $p < 0.01-0.001$ ). The relation between diet patterns and tendency to neurotic disorders has been revealed ( $p < 0.01$ ).

**Keywords:** depression, asthenia, dysfunction of vegetative nervous system, behavior disorders, sleep disorders, anxiety, academic load, complexity of lessons for perception, diet, children of secondary school age.

Поступила 05.07.2016

## МОДЕЛЬ ШКОЛЫ ЗДОРОВЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Гузик Е.О., Гресь Н.А.

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Изучен международный опыт создания здоровьесберегающей среды в учреждениях образования (УО). Проведено обследование и оценка состояния здоровья 259 учащихся в возрасте 10–12 лет двух гимназий г. Минска в динамике учебного года. Определены приоритетные внешнесредовые факторы, негативно влияющие на здоровье детей. Выявленные приоритетные проблемы здоровьесбережения в условиях учреждений общего среднего образования Республики Беларусь позволили обосновать модель школы здоровья, в которой определены зоны воздействия, а также этапы ее реализации.

**Ключевые слова:** группы здоровья, физическое развитие, микроэлементы, образ жизни, питание, двигательная активность, школы здоровья.

**Введение.** Неблагоприятные изменения в состоянии здоровья современных детей обуславливают поиск и научное обоснование эффективных путей повышения их функциональных резервов и адаптационного потенциала для профилактики заболеваний, в т. ч. в условиях образовательных учреждений. Школа является особым образовательным пространством, в рамках которого происходит не только формирование социально адаптированной личности, ее профессиональное, социальное и гражданское самоопределение, но и формируется самая важная, базовая характеристика, обеспечивающая реализацию всех остальных, — здоровье. Вклад факторов внутришкольной среды в формирование здоровья учащихся достигает 27%, что определяет актуальность и необходимость ресурсного обеспечения формирования здоровьесберегающего пространства как совокупности образовательных технологий и режимов обучения, включая организацию физического воспитания, условия предметно-пространственной среды, функциональное питание и медицинское обеспечение учащихся [3].

В последние годы для обеспечения в учреждениях образования Республики Беларусь оптимального развития детей и подростков разрабатываются законодательные и нормативные правовые акты, определяющие современные требования к условиям пребывания, нормированию учебной нагрузки, формированию рационального режима труда и отдыха, благоустройству учебных помещений и т. д. [1]. В 2016 г. в Республике Беларусь принята государственная программа «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь», где определены задачи по реализации межведомственных информационных проектов «Здоровая школа», «Здоровый класс», а также привлечение населения к реализации информационного проекта «Школа — территория здоровья». В то же время единая система здоровьесберегающей среды, направленная на улучшение состояния здоровья и физического развития детей и подростков, с привлечением к обучению навыкам здорового образа жизни всех участников образовательного процесса (учащиеся, педагоги, родители), разработана не в полной мере.

**Цель работы** — разработка современной модели школы здоровья для формирования здоровьесберегающей среды в условиях УО.

**Материалы и методы.** Для выявления приоритетных проблем, формирующих здоровье учащихся, разработана программа комплексного медико-гигиенического исследования, которая включала определение группы здоровья, оценку физического развития, адаптационного потенциала, психоэмоционального и стоматологического статуса, изучение «микроэлементного паспорта», состояния антиоксидантной защиты (АОС), анализ медико-социальных причин формирования отклонений в здоровье и заболеваний у детей путем изучения факторов внутри- и внешкольной среды. В соответствии с разработанной программой специалистами кафедр гигиены и медицинской экологии, педиатрии, общей стоматологии, научно-исследовательской лаборатории БелМАПО совместно со специалистами лаборатории спектрометрических исследований РУП «Научно-практический центр гигиены» обследовано 259 учащихся 5-х классов гимназий №№ 5 и 6 г. Минска в возрасте 10–12 лет. Обследованию учащихся предшествовало получение разрешения комитета по биоэтике и информированного согласия родителей.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ результатов комплексного обследования позволил объективно оценить состояние здоровья учащихся в динамике учебного года и дать гигиеническую характеристику внешнесредовых факторов, определяющих формирование здоровьесберегающей среды в УО и в домашних условиях.

1. *Состояние здоровья учащихся и основные тенденции его динамики к моменту завершения процесса обучения в течение учебного года*

1.1. При оценке физического развития гармонично развитые дети в среднем составляют 1/3 выборки. Практически каждый второй ребенок имеет дисгармоничное физическое развитие за счет избыточной массы тела.

1.2. Уровень физической подготовленности современных школьников может быть расценен как удовлетворительный. Около 60% обследованных учащихся имеют высокий и выше среднего уровень физической подготовленности, у каждого третьего — средний уровень. Только 6,6% учащихся имеют данный показатель на низком и ниже среднего уровне.

1.3. В начале учебного года около половины детей имеет удовлетворительную адаптацию, напряжение механизмов адаптации отмечено у каждого пятого обследованного; неудовлетворительная адаптация — у каждого шестого; срыв адаптации — у каждого десятого. К концу учебного года в условиях организации образовательного процесса, связанных с переходом на предметное обучение, у 16,4% учащихся 5-х классов отмечено ухудшение адаптационных возможностей (Pearson Chi-square,  $p = 0,000002$ ).

1.4. Высокий уровень общей тревожности, изученный по методике Филипса, имеет каждый 10-й школьник. Повышение тревожности зарегистрировано у каждого четвертого. По показателю, характеризующему снижение физиологической

сопротивляемости стрессу, число девочек в 5 раз больше по сравнению с мальчиками. К концу учебного года отмечается неблагоприятная динамика по таким показателям, как общая тревожность в школе.

1.5. При исследовании состояния антиоксидантной защиты показатель «общая антиоксидантная активность» сыворотки крови не имеет отклонений от нормы практически у половины обследованных школьников. Снижение антиоксидантной защиты регистрируется в 2 раза чаще у девочек по сравнению с мальчиками (Pearson Chi-square,  $p = 0,020380$ ). Оценка показателей, формирующих систему АОС, выявила у каждого четвертого недостаточность содержания в организме жирорастворимых витаминов (А и Е) с антиоксидантным эффектом (особенно витамина Е), у каждого десятого дефицит селена (Se) и цинка (Zn).

1.6. При оценке состояния соматического здоровья школьников установлено, что первую группу здоровья имеют только 3% детей; вторая группа здоровья зарегистрирована у 58% обследованных; у каждого третьего ребенка выявлены хронические заболевания (38,2%). Среди основных классов заболеваний наибольшую распространенность имеют школьно-обусловленные болезни: патология костно-мышечной системы и соединительной ткани (48,3%); нарушение зрения (40,9%).

1.7. Распространенность кариозной болезни соответствует высокому уровню заболеваемости (82 на 100 обследованных). Каждый третий ребенок имеет неудовлетворительную гигиену полости рта. Наличие кровоточивости десен установлено у каждого третьего из обследованных детей.

### 2. Приоритетные внешнесредовые факторы, негативно влияющие на состояние здоровья школьников

2.1. Установлено нарушение режима дня: недостаточная двигательная активность, обусловленная превышением рекомендуемого времени пребывания за компьютером и телевизором в домашних условиях (у 3/4 опрошенных); малое время пребывания на свежем воздухе — у каждого пятого школьника; недостаточная длительность ночного сна (23,5% учащихся спит менее 8 ч/сут).

2.2. Оценка рациона питания выявила как наиболее значимый дефицит морепродуктов, овощей и фруктов. Имеет место (как в учреждениях образования, так и в домашних условиях) нарушение гигиенических требований в организации рационального питания за счет избыточного потребления продуктов глубокой промышленной переработки. Как в домашних условиях, так и учреждениях образования имеет место дисбаланс поступления основных пищевых веществ и микронутриентов, обусловленный нарушением структуры потребления продуктов питания. Содержание белка в рационе на нижней границе нормы при недостатке сложных углеводов. Поступление жира, холестерина и простых сахаров превышает рекомендуемую возрастную норму. Выявлено недостаточное потребление витаминов РР, В1, Е, А и кальция при избытке в рационе фосфора и магния, которые усиливают нарушение утилизации кальция в организме. Актуальной является проблема высокой частоты дефицитов ряда жизненно важных биоэлементов. При оценке микронутриентного статуса установлен дефицит кальция, магния, цинка и калия у каждого четвертого-пятого обследованного. К группе риска развития дефицита селена относятся практически половина школьников (47,4%).

2.3. Несоблюдение санитарно-гигиенических требований при организации образовательного процесса, определяющее формирование школьно-зависимой патологии (нарушения осанки и зрения). Ежедневная длительность занятий с учетом выполнения домашнего задания у обследованных школьников составляет около 9 ч, при этом у каждого восьмого учащегося рабочее место не соответствует гигиеническим требованиям.

2.4. В современной школе обучение проходит на фоне хронического эмоционального напряжения для многих учащихся. Около половины школьников имеют повышенный или высокий уровень страха ситуации проверки знаний, у каждого пятого учащегося выявлен высокий уровень страха в отношениях с учителями (более выраженный у девочек).

2.5. Вредные привычки у родителей оказывают неблагоприятное влияние на состояние здоровья учащихся: до беременности и рождения ребенка 14,7% матерей и 54,0% отцов употребляли алкогольные напитки, 20,7% матерей курили до беременности и 43,3% отцов курит в настоящее время. Каждый седьмой ребенок живет в неполной семье.

### 3. Проблемы организации образовательного процесса, препятствующие формированию здоровьесберегающей среды

3.1. Перегруженность УО различными внеклассными мероприятиями, что не всегда позволяет выделить приоритеты и сконцентрироваться на мероприятиях по здоровьесбережению.

3.2. Недостаточная личная мотивация всех участвующих контингентов в необходимости сохранения собственного здоровья и здоровья окружающих.

3.3. Отсутствие учебных модулей (материалы для учителей и учащихся) по вопросам сохранения здоровья, разработанных с использованием современной научно-методической литературы, а также действующих в республике технических нормативно-правовых актов.

3.4. Отсутствие в УО медицинского работника, который бы на постоянной основе занимался вопросами первичной и вторичной профилактики развития функциональных отклонений и заболеваний. Для коррекции выявленных проблем в состоянии здоровья учащихся была разработана «Программа первичной профилактики функциональных отклонений и заболеваний у учащихся как основа создания школы здоровья», которая апробирована на базе гимназии № 5 г. Минска. Итоги апробации программы с учетом анализа международного опыта позволили научно обосновать модель Школы здоровья Республики Беларусь, определяющую алгоритм создания здоровьесберегающей среды в условиях УО страны (рисунок).

Для правильного толкования понятия «Модель» (франц. *modele*, итал. *modello*, от лат. *modulus* — мера, мерило, образец, норма) из представленных в литературе формулировок [2, 4] наиболее соответствуют рассматриваемому нами объекту исследований следующая трактовка: «модель – это упрощенное представление реального устройства и/или протекающих в нем процессов, явлений (система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе)».

Построение и исследование моделей облегчает изучение имеющихся в реальном процессе свойств и закономерностей и является обязательной частью исследований и разработок, поскольку сложность любого материального объекта и окружающего его мира бесконечна вследствие неисчерпаемости материи и форм ее взаимодействия как внутри себя, так и с внешней средой. Модель всегда предполагает принятие допущений той или иной степени важности с учетом удовлетворения следующих требований:

- адекватность, т. е. соответствие модели исходной реальной системе;
- учет наиболее важных качеств, связей и характеристик;

- точность, т. е. степень совпадения полученных в процессе моделирования результатов с заранее установленными;
- универсальность, т. е. применимость модели к анализу ряда однотипных систем в одном или нескольких режимах функционирования, что позволяет расширить область применимости;
- экономичность, т. е. точность получаемых результатов и общность решения задачи должны увязываться с затратами на моделирование.

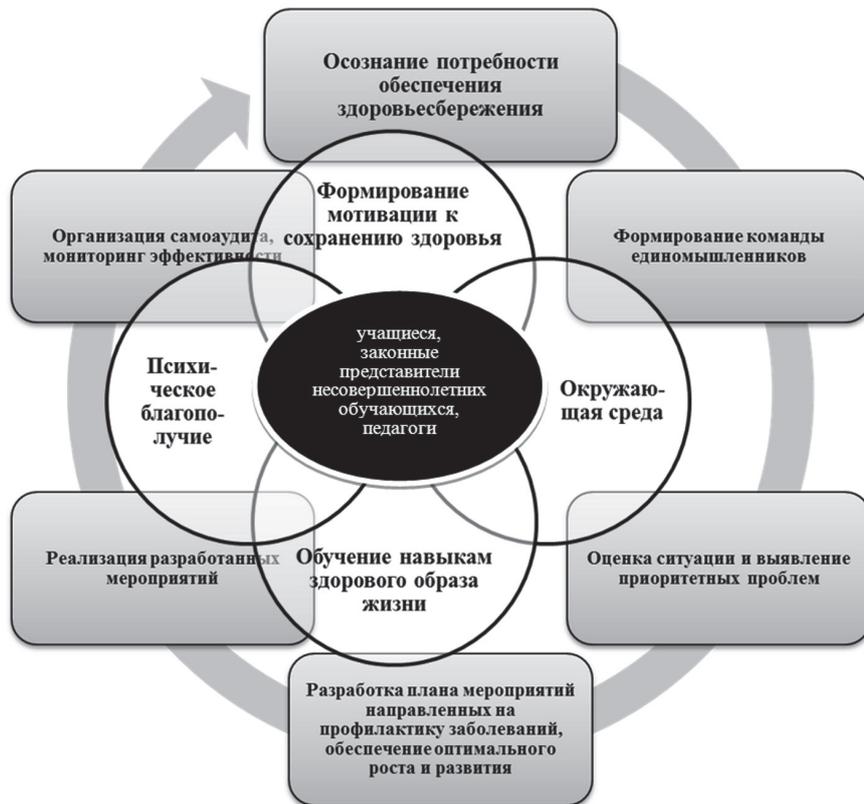


Рисунок — Модель Школы здоровья в условиях УО

Для реализации единой профилактической среды (как в УО, так и в домашних условиях) необходима заинтересованность всех участников образовательного процесса, к которым согласно Кодексу Республики Беларусь об образовании (от 13.01.2011 № 243-З) относятся обучающиеся, законные представители несовершеннолетних обучающихся и педагогические работники.

Школа, реализующая модель здоровьесбережения, целенаправленно проводит комплекс мероприятий, нацеленных на улучшение здоровья учащихся и педагогов учреждений образования. Среда школы рассматривается как важная область для укрепления здоровья и для получения знаний о здоровье. Нами в разрабатываемой модели по созданию здоровьесберегающей среды определены зоны воздействия, которые пересекаются друг с другом и на которые наиболее эффективно можно оказывать влияние для обеспечения здоровьесбережения учащихся:

- окружающая среда;
- психологическое благополучие;
- формирование мотивации к сохранению здоровья;
- обучение навыкам здорового образа жизни.

*Окружающая среда.* В понятие окружающей среды мы вкладываем обеспечение безопасных санитарно-эпидемиологических условий в УО: соблюдение санитарно-гигиенических требований к земельному участку, территории, зданию и помещениям УО, их санитарно-техническое благоустройство, оборудование и содержание; выполнение гигиенических требований к организации образовательного процесса и рациональное питание, поскольку привитие гигиенических навыков невозможно без соблюдения вышеуказанных требований.

*Психологическое благополучие.* Состоит из культуры общения между всеми участниками образовательного процесса на основе сотрудничества и доброжелательности, которое было бы направлено на минимизацию эмоционального и психосоциального стресса, связанного с организацией образовательного процесса

*Формирование мотивации к сохранению здоровья.* На основе полученных после прохождения медицинских осмотров знаний о собственном здоровье и факторах, его формирующих, дополненных реализацией программ гигиенического обучения школьников, изменение отношения к своему здоровью и к вредным привычкам с формированием у учащихся осознанного отношения к своему здоровью и здоровью окружающих.

*Обучение навыкам здорового образа жизни.* Включение в образовательный процесс программ гигиенического обучения учащихся, родителей и педагогов на всех уровнях обучения с учетом возрастно-психологических и половых особенностей. Подготовка учебных модулей по здоровьесбережению.

В зависимости от вида УО и особенностей его функционирования зоны воздействия могут значительно варьировать, но самое главное — вся деятельность должна быть направлена на сохранение и укрепление здоровья детей.

Процесс создания здоровьесберегающей среды в УО так же важен, как и его содержание. Процесс формирования оптимальной внутришкольной среды должен базироваться на известном организационном процессе «непрерывного совершенствования», поскольку изначально создавая модель здоровьесбережения в УО, невозможно создать ее совершенной. Предлагаемая модель предусматривает следующие этапы:

- осознание потребности обеспечения здоровьесбережения;
- формирование команды единомышленников;
- оценка ситуации и выявление приоритетных проблем;
- разработка плана мероприятий, направленных на профилактику заболеваний, обеспечение оптимального роста и развития;
- реализация разработанных мероприятий;
- организация самоаудита, мониторинг эффективности.

*Осознание потребности обеспечения здоровьесбережения.* Наличие информации о состоянии здоровья учащихся, современных методах здоровьесбережения определяет формирование проблемы — создание системы целенаправленных мероприятий по сохранению здоровья участников образовательного процесса.

*Формирование команды единомышленников.* Команда формируется из всех участников образовательного процесса (педагогов, психологов, учащихся, медицинских, социальных работников, родителей). В своей деятельности команда взаимодействует со всеми заинтересованными, в т. ч. с вышестоящими организациями, общественными объединениями и др.

*Оценка ситуации и выявление приоритетных проблем.* Изучение и оценка состояния здоровья учащихся и педагогов, а также факторов его формирующих, что позволяет определить фактическую ситуацию. Использование только проверенной объективной информации, основанной на точных фактах.

*Разработка плана мероприятий, направленных на профилактику заболеваний, обеспечение оптимального роста и развития.* На основании оценки ситуации определение достижимых целей, исходя из точной оценки потребностей всех участников образовательного процесса. Определение критериев его эффективности. Определение этапов работы и сроков их выполнения, а также ответственных за реализацию конкретных мероприятий и предполагаемый конечный результат.

*Реализация разработанных мероприятий.* Внедрение образовательных программ и технологий, интегрирующих образовательные и оздоровительно-профилактические компоненты, направленные на сохранение и повышение работоспособности в УО. Приоритет двигательной активности во всех сферах учебной и внеучебной деятельности; формирование культуры здоровья в системе «педагог-учащийся-родители»; вовлечение участников образовательного процесса в активную деятельность по укреплению здоровья; повышение эффективности системы медицинского обеспечения обучающихся; регулярный контроль соблюдения санитарно-гигиенических требований в учебных помещениях.

*Организация самоаудита, мониторинг эффективности.* Текущий контроль и оценка результатов выполненных здоровьесберегающих мероприятий как инструмент повышения качества своей работы, включающий оценку показателей среды, состояния здоровья и уровня знаний, навыков и умений учащихся в области здоровья. Данный анализ необходим для того, чтобы оценить, что функционирует, а что нет, каковы причины невыполнения намеченных мероприятий и от кого зависит их выполнение. Проведенный самоаудит позволит выявить приоритетные проблемы и определит переход к следующему циклу действий, направленных на здоровьесбережение. Проведение преобразований, основанных на результатах анализа. При этом уже полученные позитивные результаты должны быть доведены до всех участников образовательного процесса и являться положительной основой для дальнейших действий.

**Заключение.** Реализация предложенного непрерывного процесса здоровьесбережения путем последовательных и целенаправленных мероприятий в соответствии с указанными зонами воздействия станет ведущим звеном в укреплении здоровья обучающихся, формировании здорового образа жизни детей в УО в интересах всего подрастающего поколения.

Для продвижения опыта по здоровьесбережению целесообразным является создание на базе школ здоровья ресурсных центров сохранения здоровья учащихся (это структура на базе УО, реализующая систематизированный план действий, направленных на улучшение здоровья всех участников образовательного процесса (обучающиеся, законные представители несовершеннолетних обучающиеся, педагогические работники) с применением современных подходов и технологий здоровьесбережения).

На основе апробации разработанной системы коррекционных мероприятий, направленных на первичную профилактику развития функциональных отклонений и заболеваний, научного обоснования *Модели здоровьесбережения в условиях общеобразовательного учреждения*, разработаны инструкции по применению:

- «Формирование здоровьесберегающей среды в учреждениях общего среднего образования» (рег. № 019-1215, утв. МЗ РБ 21.03.2016);

- «Организация ресурсных центров сохранения здоровья в учреждениях общего среднего образования» (рег. № 018-1215, утв. МЗ РБ 21.03.2016).

Разработанная *Модель школы здоровья* для формирования здоровьесберегающей среды для учащихся в условиях УО, направленная на повышение результативности санитарно-гигиенических мероприятий, будет способствовать распространению опыта здоровьесбережения и эффективному использованию ресурсов, направленных на сохранение здоровья учащихся в процессе обучения.

#### Литература

1. О санитарно-эпидемической обстановке в Республике Беларусь в 2014 году: гос. докл. — Минск, 2015. — 166 с.
2. Ефремова, Т.Ф. Толковый словарь словообразовательных единиц русского языка / Т.Ф. Ефремова. — М.: Рус. яз., 1996. — 637 с.
3. Кучма, В.Р. Гигиенические проблемы школьных инноваций / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, М.И. Степанова. — М.: Науч. центр здоровья детей РАМН, 2009. — 240 с.
4. Ожегов, С.И. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова; Рос. акад. наук, Ин-т рус. яз. им. В.В. Виноградова. — 4-е изд., доп. — М.: Азбуковник, 1999. — 944 с.

## THE SCHOOL FOR HEALTH MODEL OF THE REPUBLIC OF BELARUS

*Huzik E.O., Gres N.A.*

*State Educational Institution "The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education", Minsk, Republic of Belarus*

The international experience of building a health saving environment in educational institutions has been studied. The health status of 259 students aged 10–12 from two Minsk gymnasiums has been examined and evaluated in the academic year dynamics.

The priority external environmental factors that negatively affect children's health have been determined. The identified priority problems of health preservation in the conditions of the general secondary education institutions of the Republic of Belarus allowed to substantiate the school for health model, which defines the impact zones, as well as the stages of its implementation.

**Keywords:** health groups, physical development, trace elements, lifestyle, nutrition, physical activity, schools for health.

Поступила 19.07.2016

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАЦИОНА ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ 10–12 ЛЕТ, ПРОЖИВАЮЩИХ В г. МИНСКЕ

*Гузик Е.О., Коледа А.Г.*

*Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены данные о поступлении макроэлементов с пищей детям 10–12 лет, проживающим в г. Минске, с применением частотного метода. Проведена оценка поступления макроэлементов кальция, фосфора, магния, калия и натрия 1200 школьникам столицы. Поскольку при расчетах использовались данные о химическом составе пищевых продуктов, полученные до 1988 г., которые сильно отличаются по составу от современных, нами с помощью спектрометрических методов определено содержание макроэлементов кальция, фосфора, магния, калия и натрия в 196 образцах продуктов питания, отобранных в 18 учреждениях образования г. Минска. С учетом результатов лабораторных исследований проведен перерасчет и гигиеническая оценка фактического поступления макроэлементов школьникам г. Минска с учетом выявленных различий.

Установлен дефицит поступления кальция и значительный избыток потребления калия и натрия. Определены статистически значимые различия в расчетном и фактическом уровнях поступления данных макроэлементов. Среднее потребление магния и фосфора соответствует физиологической потребности в данных минеральных веществах.

**Ключевые слова:** макроэлементы, рацион питания, атомно-эмиссионная спектрометрия.

**Введение.** На современном этапе развития знания о роли химических элементов в регуляции процессов жизнедеятельности и формировании важнейших адаптивных механизмов организма человека вопросы изучения элементного профиля отдельных групп населения в различных климатических, географических, биохимических и социально-экономических условиях по-прежнему не теряют своей актуальности [1].

Среди всей совокупности факторов, определяющих «качество» жизни, питание принадлежит весьма важная роль [2]. Если мы не можем контролировать окружающую среду, то мы должны стремиться контролировать питание. По мнению большинства специалистов, ошибки в структуре питания современного человека стали одним из ведущих факторов риска развития и хронизации большинства неинфекционных заболеваний. Длительное нарушение питания может привести к разнообразным изменениям, в основе которых лежат изменения метаболизма клеток, связанные либо с повреждением генетического аппарата, либо с недостаточностью или избыточностью незаменимых компонентов пищи.

Особенности минерального состава фактического питания как основного источника поступления эссенциальных макроэлементов определяют их поступление по пищевой цепи в организм человека. Результаты многочисленных научных исследований [3–5] свидетельствуют, что имеются значительные различия в химическом составе источников поступления минеральных веществ, определяемые как природными, так и антропогенными (особенностями выращивания и технологией их изготовления) факторами, что, в свою очередь, определяет особенности поступления химических элементов с объектами среды обитания.

**Цель работы** — гигиеническая оценка фактического поступления с рационом питания макроэлементов детям 10–12 лет, проживающим в г. Минске.

**Материалы и методы.** В ходе исследования с применением частотного метода теоретически изучено потребление с пищей кальция, фосфора, магния, калия, натрия 1200 школьниками 10–12 лет, проживающими в г. Минске (620 мальчиками и 580 девочками) [6]. Определены основные источники поступления минеральных веществ с пищевыми продуктами. Гигиеническая оценка полученных данных проводилась в соответствии с требованиями Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» для кальция, фосфора, магния и калия. Учитывая, что данный гигиенический регламент не позволяет оценить поступление натрия с рационом, его потребление было оценено согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

Поскольку нормативы различны для детей 10 и 11–12 лет, оценка проводилась, исходя из возрастных особенностей потребления. Кроме того, произведено деление по половому признаку для установления особенностей питания мальчиков и девочек.

С помощью спектрометрических методов исследования выполнен анализ химического состава основных групп продуктов питания (крупы, макаронные изделия, бобовые, овощи, фрукты, мясные и колбасные изделия, хлебобулочные изделия, мука, молочные продукты, рыба, яйца), отобранных в 18 учреждениях образования г. Минска (196 проб). Определялось содержание макроэлементов кальция, фосфора, магния, калия, натрия. Элементные показатели определялись на спектрометре «Ultima 2» (Horiba Jobin Ivon, Франция) в лаборатории спектрометрических исследований Республиканского унитарного предприятия.

тия «Научно-практический центр гигиены». Оценка полученных данных проведена в соответствии со значениями, представленными в справочнике [7].

В силу того, что при разработке частотного метода использовались данные о химическом составе пищевых продуктов, полученные до 1988 г., которые значительно отличаются по составу от современных, нами на основании данных о химическом составе продуктов питания, отобранных в учреждениях образования г. Минска, проведена гигиеническая оценка фактического поступления макроэлементов школьникам г. Минска с учетом выявленных различий.

Учитывая, что распределение полученных данных отлично от нормального, для описания полученных данных использованы медиана и межквартильный интервал (Ме [q25; q75]). Для оценки достоверности различий между двумя группами использован критерий Манна–Уитни, между тремя группами — критерий Краскела–Уоллиса.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты оценки поступления макроэлементов с рационом питания, выполненные у 1200 школьников г. Минска частотным методом, свидетельствуют о дефиците поступления кальция детям 10–12 лет (таблицы 1, 2).

Таблица 1. — Содержание макроэлементов в суточном рационе питания учащихся 10 лет, проживающих в г. Минске рассчитанное с использованием частотного метода (Ме [q25; q75]), мг/сут

МЭ	Расчетное поступление		Физиологическая норма
	мальчики, n = 127	девочки, n = 127	
Ca	841,3 [583,3; 1252,2]	923,6 [619,0; 1356,4]	1100
P	1223,7 [928,4; 1704,5]	1231,5 [911,3; 1794,6]	1100
Mg	305,1 [217,2; 418,2]	315,0 [222,5; 448,6]	250
K	3456,3 [2520,0; 4871,2]	3769,8 [2529,1; 5102,4]	900
Na	3733,9 [2669,3; 4942,9]	3586,7 [2562,8; 5615,0]	1000

Установлено, что с рационом питания в организм обследованных мальчиков 10 лет в среднем поступает 841,3 [583,3; 1252,2] мг/сут кальция, что составляет 76,5% от суточной нормы (1100 мг/сут). Для девочек данный показатель составил 923,6 [619,0; 1356,4] мг/сут, что соответствует 84,0% от нормы.

У 11–12-летних школьников данные показатели составляют 969,9 [643,4; 1370,6] и 869,7 [626,7; 1307,2] мг/сут соответственно при норме поступления макроэлемента 1200 мг/сут, что лишь на 80,8% обеспечивает потребность в кальции мальчиков и на 72,5% — девочек данной возрастной группы.

Имеют место значительные индивидуальные различия в поступлении кальция с пищей. Отмечено, что 61,8% обследованных школьников ежедневно с пищей потребляют недостаточное количество макроэлемента при избыточном поступлении кальция у 27,3% обследованных.

Таблица 2. — Содержание макроэлементов в суточном рационе питания учащихся 11–12 лет, проживающих в г. Минске рассчитанное с использованием частотного метода (Ме [q25; q75]), мг/сут

МЭ	Расчетное поступление		Физиологическая норма
	мальчики, n = 493	девочки, n = 453	
Ca	969,9 [643,4; 1370,6]	869,7 [626,7; 1307,2]	1200
P	1307,1 [961,8; 1830,3]	1245,3 [927,2; 1717,9]	1200
Mg	325,7 [235,7; 451,5]	315,9 [233,2; 436,4]	300
K	3643,4 [2642,1; 5326,7]	3606,4 [2713,7; 5132,1]	1500
Na	3977,9 [2753,5; 5672,7]	3918,2 [2842,4; 5522,7]	1100

Среднее потребление фосфора мальчиками 10 лет составляет 111,2% от физиологической потребности (1223,7 [928,4; 1704,5] мг/сут при норме 1100 мг/сут), девочками — 112,0% (1231,5 [911,3; 1794,6] мг/сут при норме 1100 мг/сут). Среднесуточное потребление фосфора мальчиками 11–12 лет составляет 108,9% (1307,1 [961,8; 1830,3] мг/сут при норме 1200 мг/сут), девочками — 103,8% (1245,3 [927,2; 1717,9] мг/сут при норме 1200 мг/сут). Избыточное потребление фосфора отмечено в половине случаев (47,8%). При этом треть учащихся имеет в своем рационе дефицит поступления данного макроэлемента (35,7%).

При норме потребления магния 10-летними школьниками 250 мг/сут фактическое его потребление мальчиками составляет 305,1 [217,2; 418,2] мг/сут, а девочками — 315,0 [222,5; 448,6] мг/сут. Таким образом, среднее поступление магния составляет 122,0 и 126,0% от нормы. Среднее поступление с рационом питания данного макроэлемента 11–12 летними мальчиками и девочками составляет 108,5 и 105,3% соответственно. Установлено избыточное потребление магния половиной обследованных школьников (50,0%) при дефиците его в рационе питания у 34,2%.

В ходе исследования нами выявлено очень высокое поступление калия с пищей. Отмечено, что его потребление практически в 4 раза превышает норму потребления для 10-летних детей. Так, результаты оценки фактического питания с использованием теоретических методов свидетельствуют, что поступление калия мальчикам данной возрастной группы составляет 3456,3 [2520,0; 4871,2] мг/сут при норме 900 мг/сут (384,0% от нормы), а девочкам — 3769,8 [2529,1; 5102,4] мг/сут (418,9% от нормы). У 11–12 летних школьников отмечено превышение физиологической потребности в калии (1500 мг/сут) более чем в два раза при отсутствии статистически значимых различий в потреблении данного макроэлемента по сравнению с 10-летними школьниками. Так, мальчикам данной возрастной группы его поступает 3643,4 [2642,1; 5326,7] мг/сут (242,9% от нормы), девочкам — 3606,4 [2713,7; 5132,1] мг/сут (240,4% от нормы). Среди обследованных школьников 97,0% ежедневно потребляют избыточное количество калия.

Отмечено практически четырехкратное превышение физиологической потребности в *натрии* для обследованных детей. Поступление его мальчикам и девочкам 10 лет составляет 3733,9 [2669,3; 4942,9] и 3586,7 [2562,8; 5615,0] мг/сут соответственно при норме 1000 мг/сут, что составляет 373,4 и 358,7% от нормы. Для детей 11–12 лет поступление натрия составляет 3977,9 [2753,5; 5672,7] и 3918,2 [2842,4; 5522,7] мг/сут соответственно при норме 1100 мг/сут, что составляет 361,6 и 356,2% от нормы. Установлено, что в суточном рационе 99,7% детей г. Минска имеет место превышение физиологической нормы потребления натрия.

Следует отметить, что статистически значимых различий в потреблении кальция, фосфора, магния, калия, натрия между различными возрастными группами установлено не было.

Установлено, что основными источниками поступления *кальция* 10–12-летним школьникам являются молоко и молочные продукты (53,1%). Поступление макроэлемента за счет овощей и фруктов составляет 12,9 и 12,2% соответственно. С хлебобулочными изделиями поступает 6,7% кальция, кашами и макаронами — 5,4%, мясом и мясными продуктами — 4,0% макроэлемента. С рыбой и морепродуктами в силу редкого их потребления поступает лишь 0,6% кальция.

Результаты лабораторных исследований минерального состава продуктов питания, отобранных в учреждениях образования, свидетельствуют, что содержание кальция в молоке составляет 125,0%, сливочном масле — 146,5%, твороге — 81,9%, сыре — 76,2% от справочных величин. В основных овощах кальций ниже справочных величин и составляет: в свекле — 49,8%, в луке репчатом — 57,5%, в картофеле — 70,7%, капусте — 84,6%. В помидорах, огурцах и моркови отмечено превышение справочных величин содержания кальция (136,1–157,5%). В мясе различных сортов содержание кальция не достигает справочных значений (в филе птицы и свинине — 84,9% от справочных величин, в говядине — на 73,8%).

Основным источником поступления *фосфора* в организм детей г. Минска, по данным наших исследований, является молоко и молочные продукты (28,0%), мясо и мясные продукты (19,3%), овощи (17,8%), хлебобулочные изделия (12,8%). Меньше всего фосфора поступает с фруктами (7,1%), кашами и макаронами (5,9%), рыбой и морепродуктами (2,3%).

Фактическое содержание фосфора в молоке не достигает справочных величин и составляет 769,1 мг/кг (против 910,0 мг/кг в таблицах) и сливочном масле — 218,2 мг/кг (против 300,0 мг/кг). В сыре содержание данного элемента составляет 108,8%, в твороге — 116,8% от значений таблиц химического состава. В мясе, рыбе и горохе уровень фосфора соответствует справочным значениям, в фасоли — на треть их превышает. Концентрация макроэлемента в овощах (картофель, морковь, огурцы, лук репчатый, помидоры, капуста) значительно ниже справочных величин (53,0–82,3%). Только для свеклы установлено содержание данного макроэлемента соответствующее справочным таблицам. Отмечено, что содержание фосфора в пшеничной муке на 70,8% превышает справочные величины, в батоне соответствует, а в ржаном хлебе составляет 65,5% от справочных.

Основным источником поступления *магния* с рационом питания школьников являются овощи и фрукты (26,9 и 19,2% соответственно). За счет хлебобулочных изделий поступает 16,5% макроэлемента, с молоком и молочными продуктами — 12,4%, с мясом и мясными продуктами — 10,9%. Минимальное количество магния согласно полученным данным поступает с рыбой (5,4%). С кашами и макаронами поступает лишь 1,4% от суточного поступления макроэлемента.

Согласно полученным данным, содержание магния в пшенице составляет 134,9%, в перловке — 154,6% от справочных значений, в хлопьях «Геркулес» соответствует, при этом в гречке составляет 94,6%, манке — 83,8%, рисе лишь 35,7% от справочных. Выявлено значительное превышение в содержании магния в молоке (209,5 против 140,0 мг/кг) и сливочном масле (7,48 против 5,0 мг/кг) при дефиците его в сыре (316,4 [277,4; 354,0] против 500,0 мг/кг) и твороге (88,4 против 240,0 мг/кг). В филе птицы и говядине установлено его соответствие справочным значениям при сниженном содержании в свинине (72,1%). Установлено сниженное по сравнению со справочными величинами содержание магния в овощах и фруктах (в помидорах — 55,2%, моркови — 55,9%, яблоках — 66,2%, картофеле — 80,3%, огурцах — 81,9%). Лишь в капусте белокочанной, луке репчатом и свекле оно соответствует справочным величинам. При избыточном по сравнению со справочными величинами содержании магния в пшеничной муке (182,1%) его концентрация в батоне (66,2%) и ржаном хлебе (71,6%) не достигает их.

Основной вклад в поступление *калия* вносят фрукты и овощи (31,9 и 34,1% соответственно), молоко и молочные продукты (10,5%). Поступление калия с мясом и мясными продуктами составляет 8,5%, с хлебобулочными изделиями — 6,9%. Наименьшим является потребление макроэлемента с кашами и макаронами (2,5%), рыбой и морепродуктами (1,0%).

В моркови содержание калия составило 134,9%, в капусте — 154,9%, в свекле — 133,6%, репчатом луке — 140,9%, огурцах — 126,2% от справочных значений. В картофеле, помидорах и яблоках отмечен дефицит данного макроэлемента (69,7; 78,5 и 44,7% соответственно от справочных значений). В крупах, бобовых, макаронах и мясе концентрация калия соответствует справочным. В молочных продуктах не достигает справочных значений для сыра (571,3 [44,6; 604,2] против 1160,0 мг/кг), творога (887,0 против 1170,0 мг/кг) и молока (1236,3 против 1460,0 мг/кг). Только в сливочном масле концентрация макроэлемента соответствует справочным значениям. Установлено, что при справочном содержании калия в батоне 1310,0 мг/кг фактическое его содержание составляет 314,4 [290,5; 349,8] мг/кг. Аналогичная ситуация характерна для ржаного хлеба. Концентрация калия в пшеничной муке на 21% превышает справочное значение.

Согласно данным научной литературы основным источником поступления натрия в организм человека является поваренная соль. Однако частотный метод исследования не позволяет оценить количество потребляемой соли. Нами выявлено, что среди основных групп продуктов питания овощи (29,3%), мясо и мясные продукты (28,9%) вносят основной вклад в поступление макроэлемента. С хлебобулочными изделиями поступает 14,3% физиологической потребности в натрии, молоком и молочными продуктами — 6,8%, рыбой и морепродуктами — 6,5%. Наименьший вклад вносят фрукты, их доля составляет 2,5%.

Нами установлен значительный разброс в содержании натрия в различных овощах. Ниже справочных значений (от 29,2 до 35,9%) его концентрация в свекле, помидорах, картофеле, в моркови. В капусте, репчатом луке и огурцах — значительные превышения в содержании натрия в сравнении со справочными величинами (от 118,7 до 229,5%). В филе птицы содержание натрия 654,9 [603,9; 763,8] против 600,0 мг/кг, в свинине 758,4 [700,8; 791,6] против 648,0 мг/кг, говядине 813,7 [812,7; 814,8] против 730,0 мг/кг.

Нами проведен расчет и гигиеническая оценка поступления макроэлементов учащимся г. Минска с учетом результатов лабораторного исследования минерального состава продуктов питания (таблицы 3, 4).

Таблица 3. — Содержание макроэлементов в суточном рационе питания учащихся 10 лет, проживающих в г. Минске рассчитанное с учетом результатов лабораторных исследований (Ме [q25; q75]), мг/сут

МЭ	Фактическое поступление		Физиологическая норма
	мальчики, n = 127	девочки, n = 127	
Ca	871,7 [603,7; 1382,2]	959,8 [676,4; 1414,5]	1100
P	1163,2 [857,6; 1576,7]	1148,7 [850,9; 1701,0]	1100
Mg	293,5 [217,4; 427,8]	312,5 [221,0; 448,1]	250
K	3081,9 [2295,5; 4320,0]	3334,1 [2267,0; 4690,4]	900
Na	5005,8 [3488,5; 6643,8]	4643,5 [3396,1; 7412,7]	1000

Установлено, что тенденция к недостаточному поступлению кальция с рационом питания сохранена и при учете фактического химического состава продуктов питания. Так, фактически с рационом питания в организм обследованных мальчиков 10 лет в среднем поступает 871,7 [603,7; 1382,2] мг/сут кальция, что составляет 79,2% от суточной нормы (1100 мг/сут). Для девочек данный показатель составил 959,8 [676,4; 1414,5] мг/сут (87,3% от нормы). У 11–12-летних школьников фактическое потребление кальция составляет 1010,2 [695,7; 1470,7] и 924,2 [644,3; 1417,2] мг/сут соответственно, что обеспечивает потребность в кальции мальчиков данной возрастной группы на 84,2%, девочек — на 77,0%. В ходе исследования установлено, что 57,2% обследованных школьников ежедневно с пищей потребляет недостаточное количество данного макроэлемента при избыточном поступлении у 30,7% обследованных.

Таблица 4. — Содержание макроэлементов в суточном рационе питания учащихся 11–12 лет, проживающих в г. Минске рассчитанное с учетом результатов лабораторных исследований (Ме [q25; q75]), мг/сут

МЭ	Фактическое поступление		Физиологическая норма
	мальчики, n = 493	девочки, n = 453	
Ca	1010,2 [695,7; 1470,7]	924,2 [644,3; 1417,2]	1200
P	1254,7 [923,2; 1768,4]	1172,7 [869,4; 1632,2]	1200
Mg	330,4 [235,6; 462,0]	309,2 [230,5; 425,5]	300
K	3289,5 [2371,9; 4749,0]	3172,6 [2347,6; 4591,3]	1500
Na	5430,4 [3628,5; 7579,6]	5215,3 [3857,0; 7260,8]	1100

Среднее потребление фосфора мальчиками 10 лет составляет 105,7% от физиологической потребности, девочками — 104,4%. Среднесуточное потребление фосфора мальчиками 11–12 лет составляет 104,6%, девочками — 97,7%. Избыточное потребление фосфора отмечено у 44,4% детей. При этом 38,7% школьников имеют в своем рационе дефицит поступления данного макроэлемента. С учетом фактического минерального состава пищевых продуктов среднее поступление магния 10-летним мальчикам составляет 117,4% и девочкам — 125,0% от нормы. Поступление макроэлемента 11–12-летними мальчиками и девочками составляет 110,3 и 103,1% соответственно. Установлено избыточное потребление магния половиной обследованных школьников (49,0%) при дефиците его в рационе питания у 35,0%.

В ходе исследования подтвердились данные об очень высоком поступлении калия с пищей. Отмечено, что его фактическое потребление практически в 3,5 раза превышает норму потребления для 10-летних детей. У 11–12-летних школьников отмечено превышение физиологической потребности в калии (1500 мг/сут) более чем в два раза при отсутствии статистически значимых различий в потреблении данного макроэлемента по сравнению с 10-летними школьниками. Среди обследованных школьников 93,8% ежедневно потребляют избыточное количество калия.

У обследованных отмечено практически пятикратное превышение физиологической потребности в натрии. Поступление его мальчикам и девочкам 10 лет составляет, 500,6 и 464,4% от нормы соответственно. Для детей 11–12 лет составляет 493,7 и 474,1 % от нормы соответственно. Установлено, что в суточном рационе 100% детей г. Минска имеет место превышение физиологической нормы потребления натрия.

Анализ достоверности различий в отдельных возрастно-половых группах не выявил статистически значимой разницы в поступлении макроэлементов детям 10 и 11–12 лет, проживающим на территории г. Минска.

Однако следует отметить, что при сравнении поступления минеральных веществ частотным методом, скорректированным согласно фактическому содержанию макроэлементов в продуктах питания, установлены статистически значимые различия в поступлении натрия мальчикам 10 (U = 4599,0; Z = 4,97; p = 0,000001) и 11–12 лет (U = 79361,0; Z = 8,1; p = 0,000000), а также девочкам 10 (U = 5619,0; Z = 4,2; p = 0,00003) и 11–12 лет (U = 68843,0; Z = -8,57; p = 0,000000). Кроме того, статистически значимые различия в поступлении калия отмечены для девочек 11–12 лет (U = 87442,0; Z = 3,85; p = 0,000118).

**Заключение.** Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что среднесуточное потребление кальция школьниками г. Минска не соответствует физиологической потребности в макроэлементе. Дефицит его потребления установлен в рационе 61,6% школьников. Среднесуточное потребление фосфора школьниками г. Минска соответствует физиологической потребности в данном макроэлементе при избыточном поступлении у половины обследованных. Среднесуточное поступление магния школьникам г. Минска также характеризуется как оптимальное и соответствует физиологической потребности в нем. Однако в половине случаев установлено превышение среднесуточного поступления данного макроэлемента. В ходе исследования с помощью теоретических методов установлен значительный избыток потребления калия (97,2% рационов) и натрия (99,7% рационов) обследованными детьми. При этом анализ фактического поступления данных макроэлементов выявил избыток их поступления в 93,8 и 100% случаев соответственно. Обращает на себя внимание тот факт, что

фактическое избыточное поступление натрия детям всех возрастно-половых групп в полтора раза превышает аналогичные расчетные показатели.

Полученные результаты целесообразно учитывать при разработке профилактических мероприятий, направленных на коррекцию макроэлементного статуса у детей и подростков, поскольку дисбаланс макроэлементов может быть не только фактором развития известных патологий, но и причиной снижения адаптационных возможностей организма детей, проживающих в условиях возрастающей чужеродной нагрузки на среду обитания в крупном промышленном центре.

#### Литература

1. Сливина, Л.П. Показатели здоровья детей раннего возраста в условиях крупного промышленного города / Л.П. Сливина // Медицина труда и промышл. экология. — 2004. — № 1. — С. 7–9.
2. Тармаева, И.Ю. Особенности структуры питания на современном этапе / И.Ю. Тармаева // Успехи соврем. естествознания. — 2007. — № 3. — С. 16–17.
3. Кедрова, И.И. Содержание витаминов и минеральных веществ в рационах питания Республики Беларусь / И.И. Кедрова, А.В. Славинский, Н.В. Гусаревич // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. — 2006. — Вып. 2. — С. 43–46.
4. Транковская, Л.В. Содержание микроэлементов в волосах детей современного крупного промышленного города / Л.В. Транковская, В.Н. Лучанинова, А.Б. Косолапов // Рос. педиатр. журн. — 2004. — № 5. — С. 59–61.
5. Тутельян, В.А. Оптимальное питание: новая медицинская технология оздоровления населения (постановка проблемы) / В.А. Тутельян, А.К. Батурич, Б.П. Суханов // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. — 2006. — № 2. — С. 7–12.
6. Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов: инструкция по применению № 017-1211; утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 15.12.2011. — Минск, 2011. — 15 с.
7. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.

### HYGIENIC ASSESSMENT OF THE FOOD ALLOWANCE OF CHILDREN AGED 10–12 LIVING IN MINSK

*Guzik E.O., Koleda A.G.*

*State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus*

The data on receipt of food macroelements provided to the children of 10–12 years living in Minsk with a frequency method have been performed in the article. The assessment of receipt of macroelements of calcium, phosphorus, magnesium, potassium and sodium to 1200 schoolchildren of the capital has been carried out. As the data on a chemical composition of foodstuff received till 1988 year, which strongly differ on structure from modern ones, were used in the calculations we have determined the content of macroelements of calcium, phosphorus, magnesium, potassium and sodium by means of spectrometer methods in 196 samples of food products which were selected in 18 formation organizations of Minsk. Taking into account the results of laboratory research the recalculation and hygienic assessment of the actual receipt of macroelements to schoolchildren of Minsk have been carried out taking into account the revealed distinctions.

The deficit of calcium intake to schoolchildren and considerable excess of consumption of potassium and sodium have been revealed. The statistically significant distinctions in settlement and actual levels of receipt of these macroelements have been determined. The average consumption of magnesium and phosphorus corresponds to physiological need for these mineral substances.

**Keywords:** macroelements, food ration, atomic emission spectrometry.

Поступила 19.07.2016

### ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В БИОСУБСТРАТАХ ДЕТЕЙ г. МИНСКА

*Дребенкова И.В., Зайцев В.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Проведена оценка содержания микроэлементов в образцах волос школьников г. Минска с применением атомно-эмиссионной спектрометрии. Показана актуальность проблемы высокой частоты недостатка микроэлементов цинка, железа, а также ультрамикроэлементов — селена и кобальта — для школьников г. Минска.

**Ключевые слова:** микроэлементы, ультрамикроэлементы, волосы, атомно-эмиссионная спектрометрия, школьники.

**Введение.** Окружающая среда в значительной мере формирует количественный и качественный состав химических элементов в организме человека, в т. ч. макро-, микро- и ультрамикроэлементов. Минеральные вещества принадлежат к числу незаменимых пищевых факторов, участвующих во всех важнейших биохимических и физиологических процессах, лежащих в основе нормальной жизнедеятельности организма. Поддержание гомеостаза организма человека предусматривает, в первую очередь, баланс качественного и количественного содержания макро-, микро- и ультрамикроэлементов в тканях органов на физиологическом уровне. Здоровье детского организма зависит от поступления необходимого количества эссенциальных и адекватного содержания условно-эссенциальных и токсичных химических элементов. Отклонения в содержании макро-, микро- и ультрамикроэлементов приводит к возникновению различных патологических состояний и вызывает значительные нарушения состояния здоровья в целом [1–3].

Дети отличаются повышенной чувствительностью к воздействию неблагоприятных экологических факторов и являются наиболее уязвимым контингентом населения. В сочетании с повышенными потребностями детского организма в биологически активных веществах при интенсивном росте, значительной умственной и физической активности микронезбаланс состояния создают негативные предпосылки для развития множества заболеваний, снижения иммунитета, задержки умственного и физического развития, восприимчивости к инфекциям, т. е. аллобиотические состояния. Установлено, что у часто болеющих детей отмечаются максимальные отклонения содержания макро-, микро- и ультрамикроэлементов [4].

Поэтому оценка содержания микроэлементов в волосах детей, отражающая нарушение обмена микроэлементов, и их своевременная коррекция является перспективным направлением медицины и чрезвычайно актуальна.

**Цель работы** — исследование содержания микро- и ультрамикроэлементов в волосах школьников г. Минска.

**Материалы и методы.** Материалом для исследований являлись широко используемые для целей донозологической диагностики образцы волос. Целесообразность их использования объясняется тем, что они являются второй после костного мозга метаболически активной тканью организма. Кроме того, проба отбирается просто и безболезненно, хранится длительное время, не требуя специального оборудования. Элементный анализ волос позволяет с высокой степенью надежности изучить динамику изменения баланса микроэлементов в организме [2]. Пробы волос отобраны у 131 учащегося 5- и 6-х классов гимназий г. Минска в начале и конце учебного года.

В биосубстратах исследовано содержание микроэлементов цинка (Zn), железа (Fe), меди (Cu), фосфора (P), хрома (Cr) и ультрамикроэлементов селена (Se) и кобальта (Co).

Содержание микроэлементов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon, Япония-Франция). Этот метод широко используется для определения содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах и основан на их окислительно-кислотной «мокрой» минерализации и последующем атомно-эмиссионном анализе. Преимуществами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, незаменимыми при анализе биологических проб, являются многоэлементность, низкие пределы обнаружения, непродолжительное время анализа и малый объем анализируемых проб [5, 6].

Микроэлементы определяли с использованием следующих длин волн, нм: Fe — 259,94; Cu — 324,754; Zn — 213,856; Cr — 267,716; P — 213,618; Se — 196,0; Co — 228,616.

Статистическую обработку результатов проводили при помощи прикладной программы Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Химические элементы находятся в волосах в виде комплексных соединений с органической матрицей, которые необходимо минерализовать для перевода элементов в требуемую для анализа растворимую форму.

Минерализацию биосубстратов проводили с использованием системы микроволновой минерализации Mars 5 (SEM Corporation, США). Данный способ пробоподготовки имеет ряд преимуществ перед другими способами, а именно: приводит к минимизации количества реагентов и, как следствие, минимизации возможного загрязнения, значительному сокращению времени разложения, а также устранению риска потери следовых элементов в виде легколетучих молекулярных соединений.

При использовании данного типа минерализации 0,5 г волос вносили в закрытые фторопластовые сосуды, добавляли 8 мл концентрированной азотной кислоты и 2 мл концентрированной перекиси водорода, выдерживали 30 мин, затем минерализовали при следующих условиях: максимальная мощность — 1600 W; % мощности — 80; время подъема давления — 2 мин, давление — 150 psi; температура — 210°C; время выдержки при заданных параметрах — 10 мин. Полученные минерализаты охлаждали и доводили до объема 25 мл бидистиллированной водой.

Результаты определения уровня обеспеченности организма эссенциальными микроэлементами у обследованных детей в начале и конце учебного года представлены в таблице 1.

Таблица 1. — Содержание микроэлементов в волосах школьников, мкг/г

Элемент	Среднее значение (M±m)	Медиана	Диапазон значений	Перцентиль (25–75%)	Референсные величины [2]
Начало учебного года					
P	146,42±2,66	142,28	87,21–296,87	127,16–161,61	83–165
Zn	162,37±4,50	157,23	61,04–434,89	131,23–186,72	124–320
Cu	13,82±0,69	11,93	5,80–72,26	9,63–15,35	6,8–39
Fe	25,49±6,15	17,98	7,17–131,13	14,35–20,34	13–177
Cr	0,25±0,03	0,20	0,003–3,12	0,12–0,27	0,1–2,0
Конец учебного года					
P	146,94±3,85	139,71	105,32–224,71	116,55–177,83	83–165
Zn	143,90±3,58	148,63	98,41–182,16	113,43–171,94	124–320
Cu	10,79±0,21	11,04	7,12–13,56	9,74–12,03	6,8–39
Fe	16,80±0,38	16,84	8,62–21,84	14,66–19,58	13–177
Cr	0,23±0,02	0,21	0,01–1,07	0,12–0,27	0,1–2,0

В результате анализа полученных данных установлено, что в начале учебного года в исследуемых волосах школьников содержание микроэлементов было следующим: у 19,1% обследованных зарегистрирован недостаток цинка, у 15,3% — железа, у 16% — хрома. В случае фосфора в этот же период времени выявлено превышение верхней референсной границы его содержания у 22% детей.

При исследовании обеспеченности детского организма эссенциальными микроэлементами в конце учебного года аналогичные тенденции сохраняются: в недостатке регистрируется цинк — 37,7%; железо — 21,7%, хром — 18,8%. Уровень фосфора в биосубстратах повышен у каждого седьмого из обследованных, что составляет 33% (таблица 1).

При сравнительной оценке элементного химического состава биосубстратов школьников в динамике учебного года отмечено незначительное снижение содержания в них микроэлементов цинка и меди, однако в отношении железа происходит падение концентрации в 1,5 раза.

Результаты оценки содержания ультрамикроэлементов селена и кобальта в волосах школьников представлены в таблице 2.

Таблица 2. — Содержание ультрамикроэлементов в волосах школьников, мкг/г

Элемент	Среднее значение (M±m)	Медиана	Диапазон значений	Перцентиль (25–75%)	Референсные величины [2]
Начало учебного года					
Se	0,285±0,0008	0,304	0,036–0,472	0,238–0,333	0,5–1,5
Co	0,024±0,002	0,18	0,001–0,148	0,012–0,026	0,05–0,5
Конец учебного года					
Se	0,347±0,0025	0,354	0,025–0,824	0,231–0,472	0,5–1,5
Co	0,045±0,004	0,039	0,009–0,195	0,023–0,052	0,05–0,5

Анализ результатов полученных данных показал, что содержание кобальта в начале учебного года в волосах головы у обследованных школьников составляло 0,024 мкг/г волос, в то время как референсные величины находятся в диапазоне 0,05–0,5 мкг/г. Средняя величина содержания селена в образцах волос школьников была 0,285 мкг/г, что также значительно ниже референсных значений. Кроме того, 25–75%-перцентильный диапазон находится ниже минимального значения референсной величины.

Оценкой обеспеченности организма детей ультрамикроэлементами установлено, что содержание кобальта в волосах у обследованных школьников в конце учебного года по сравнению с началом увеличивается в 2 раза и составляет 0,045 мкг/г, однако остается меньше нижней границы референсных величин.

Средняя величина содержания селена в образцах волос головы школьников также увеличивается с 0,285 мкг/г в начале до 0,347 мкг/г в конце учебного года, но, несмотря на это, полученные результаты значительно ниже референсных значений. Кроме того, 25–75%-перцентильный диапазон как в начале, так и в конце учебного года находятся ниже минимального значения референсной величины, т. е. обеспеченность селеном школьников исследуемых учреждений образования ниже оптимального уровня.

**Заключение.** Таким образом, у школьников обоего пола 5- и 6-х классов гимназий г. Минска установлен недостаток микроэлементов цинка, железа, хрома, а также ультрамикроэлементов кобальта и селена. Нарушение минерального гомеостаза этих микроэлементов создает предпосылки для развития возможной патологии сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата, а также приводит к напряжению и когнитивным трудностям в обучении. Не оставляет сомнений необходимость продолжения исследований и разработки коррекции микроэлементного дисбаланса.

#### Литература

1. Орбелис, Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Орбелис, Б. Хараланд, А. Скальный. — СПб.: Наука, 2008. — 544 с.
2. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. — М.: Мир, 2004. — 215 с.
3. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын [и др.]. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.
4. Диагностика и коррекция нарушений обмена макро- и микроэлементов у детей первого года жизни: пособие для врачей / Н.Д. Одинаев [и др.]. — М., 2002. — 43 с.
5. СТБ ISO 11885-2011. Качество воды. Определение некоторых элементов методом атомно-эмисионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. [Электронный документ] / ИПС «Стандарт». — Режим доступа: www.ips3.belgiss.by. — Дата доступа: 03.05.2016.
6. Boumans, P. Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry. Part 1: Methodology, Instrumentation, Performance, Wiley / P. Boumans. — NY, 1987. — 375 p.

## THE RESEARCH OF MICROELEMENTS IN CHILDRENS BIOSUBSTRATUM IN MINSK

*Drebenkova I.V., Zaitsev V.A.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The estimation of the microelements content has been carried out in schoolchildren hair using the atomic emission spectrometry method. The urgency of the problem of high lack of zinc and iron microelements, selenium and cobalt ultramicroelements for schoolchildren in Minsk has been performed.

**Keywords:** microelements, ultramicroelements, hair, atomic emission spectrometry, schoolchildren.

Поступила 19.07.2016

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И УРОВНЯ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ

*Мельникова Е.И.<sup>1</sup>, Гузик Е.О.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии»,  
Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Дана характеристика состояния здоровья и уровня адаптивных возможностей организма старших школьников, выявлены тенденции функционального напряжения организма школьников в процессе обучения. Обозначена проблема создания адекватных организму подростков условий обучения, необходимость поиска здоровьесберегающих учебных режимов и педагогических технологий.

**Ключевые слова:** подростки, здоровье, адаптационный потенциал.

**Введение.** Благополучие, в первую очередь, в состоянии здоровья подрастающего поколения является актуальной проблемой и объектом пристального внимания, т. к. благосостояние всего общества во многом определяется положением детей, которые формируют его культурный, интеллектуальный, производственный и репродуктивный потенциал. К сожалению, многочисленные результаты научных исследований и мониторинг состояния здоровья белорусов свидетельствуют о том, что сложившиеся в предшествующие годы тенденции ухудшения здоровья подростков приняли устойчивый характер, наблюдается неблагоприятная динамика основных показателей здоровья учащихся по мере обучения в школе [1].

Напряжение жизненно важных систем организма в процессе приспособления к изменяющимся условиям внешней среды и неустойчивость гомеостатических параметров, особенно в подростковом возрасте, определяемом как критический период роста и развития, создают сложные условия для оптимальной реализации генетической программы. Этот период в жизни человека наиболее важен, т. к. именно в период пубертата завершение психофизиологических и морфофункциональных процессов идет параллельно с деформацией социального портрета ребенка, связанной с трудностями его социальной интеграции в современных социально-экономических условиях. В этот период происходят активные процессы роста и развития, определяющие повышенную чувствительность подростков к неблагоприятному воздействию факторов среды обитания, напряженного учебного процесса в общеобразовательных учреждениях, в числе которых нарастающие интеллектуальные и психоэмоциональные нагрузки, снижение объема двигательной активности, сокращение времени для полноценного отдыха и сна, неблагоприятные воздействия факторов окружающей среды [2].

Если требования школьной среды превосходят адаптивные возможности учащихся, школьная успешность зачастую достигается ценой ухудшения здоровья или нарушения адаптации. Дезадаптивные проявления могут касаться различных сторон адаптации: учебной (неуспеваемость, хронические трудности в усвоении учебной программы); социальной (трудность в усвоении школьных норм и правил, конфликты с учителями и сверстниками, девиантное поведение); психоэмоциональной (эмоциональный дискомфорт, тревожность, стресс); сомато-физиологической (нарушения соматического здоровья, обострение хронических заболеваний, отставание в физическом развитии). Доказано, что продолжительное напряжение физиологических механизмов сменяется их истощением и ведет к возникновению заболеваний, которые в этом случае можно рассматривать как «плату за адаптацию».

Имеются сведения о неоднородном течении адаптации у детей с разным состоянием здоровья [3], поэтому для прогностических целей важно знать связь исхода адаптации подростка с состоянием его здоровья, а с методологической точки зрения — в какой мере приспособительные реакции и их интегральные показатели могут быть использованы для определения уровня здоровья [4].

В условиях реформирования образования в Республике Беларусь, когда наблюдается ухудшение состояния здоровья в процессе обучения, исследования по влиянию образовательного процесса на здоровье учащихся старших классов практически отсутствуют. Анализ современной научной литературы свидетельствует, что наиболее продуктивной теоретической основой изучения взаимодействия растущего организма с факторами жизнедеятельности, в частности с условиями обучения и воспитания, является гигиеническая оценка состояния здоровья подростков и адаптационных возможностей организма.

**Цель работы** — изучение состояния здоровья и уровня адаптационных возможностей учащихся старших классов при современных формах обучения, что позволит получить своевременную объективную информацию и в дальнейшем обеспечить принятие адекватных решений, направленных на профилактику заболеваний.

**Материалы и методы.** Нами проведено кагортное поперечное обследование 1091 учащегося 9–11-х классов школ и гимназий г. Минска, из них 523 мальчика и 568 девочек. Обследования проводили в период, отдаленный от каникул, когда влияние учебной деятельности выражено в большей степени, чем другие факторы, воздействующие на организм ребенка.

Для выполнения поставленной цели необходимо было определить наиболее информативные методики, которые позволяют оценить адаптивные возможности современных подростков. Согласно теории адаптации функциональное состояние сердечно-сосудистой системы является одним из важнейших индикаторов самых разнообразных нарушений, происходящих в организме, и главным показателем его адаптационных возможностей, особенно в чувствительные периоды, поэтому показатели сердечно-сосудистой системы рассматриваются как основные при оценке уровня здоровья. Изменение состояния сердечно-сосудистой системы — это общая оперативная реакция целостного организма в ответ на любое воздействие факторов внешней среды. При удовлетворительных адаптационных возможностях организма, благодаря деятельности механизмов регуляции, система кровообращения быстро приспосабливается к непрерывно изменяющимся условиям окружающей среды и вовремя создает необходимый кровоток через работающие органы, обеспечивая поддержание гомеостаза. В реализации адаптационных реакций организма переход от одного функционального состояния к другому происходит в результате изменений одного из трех свойств биосистемы: уровня функционирования, функционального резерва, степени напряжения регуляторных механизмов. Отклонения в состоянии миокардиально-гемодинамического гомеостаза свойственны в основном специфическим преморбидным состояниям и нозологическим формам заболеваний.

Для определения адаптационных возможностей учащихся старших классов нами использована оценка адаптационного потенциала (АП) организма с использованием расчетной формулы Р.М. Баевского в модификации для подросткового возраста А.П. Берсеновой:

$$АП = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times САД + 0,008 \times ДАД + 0,014 \times В + 0,009 \times М - 0,009 \times Р - 0,27,$$

где АП — адаптационный потенциал;

САД — систолическое давление (мм рт. ст.);

ДАД — диастолическое давление (мм рт. ст.);

ЧСС — частота сердечных сокращений (уд./мин);

В — возраст (полных лет);

М — масса тела (кг);

Р — длина тела (см).

Значения АП позволяют классифицировать адаптационный потенциал по уровням: нормальная (удовлетворительная) адаптация — до 1,90 балла; напряжение механизмов адаптации (т. е. достаточные функциональные возможности обеспечиваются за счет мобилизации функциональных резервов) — 1,91–2,09 балла; неудовлетворительная адаптация — 2,10–2,28 балла; срыв адаптации — 2,29 балла и более. Оценка функционирования системы по АП при всей своей простоте обеспечивает системный подход к решению задачи количественного измерения уровня здоровья. Это определяется тем, что АП как комплексный интегральный показатель отражает сложную структуру взаимосвязей, характеризующих уровень функционирования сердечно-сосудистой системы, учитывает ЧСС, АД, возраст, физическое состояние, включая массу и длину тела.

Качественная характеристика состояния здоровья детского населения основывается на распределении детской популяции по группам здоровья, составляемым по определяющим критериям здоровья. Оценка адаптационного потенциала позволяет выделить группу школьников с разным уровнем здоровья и определить потенциальную способность организма адаптироваться к учебному режиму школы и физическим нагрузкам; выявить величину и направленность изменения здоровья, физической тренированности при динамическом наблюдении, определить характер рекомендаций и необходимых мероприятий.

Для определения адаптационных возможностей использованы измерения совокупности функциональных показателей сердечно-сосудистой системы: определялись соматометрические данные (рост, масса тела) и показатели гемодинамики (частота сердечных сокращений, артериальное давление) общепринятыми методиками. Информация о группе здоровья обследованных подростков была получена путем выкопировки данных из справок о состоянии здоровья (форма 1 здр/у-10 «Медицинская справка о состоянии здоровья»).

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программы Statistica 6.0. Для статистического анализа оценивали характер распределения на нормальность. В силу того, что распределение полученных данных отлично от нормального, для описания полученных данных использованы медиана и межквартильный интервал (Ме [q25; q75]). Для оценки достоверности различий между двумя группами использован критерий Манна–Уитни, между тремя группами — критерий Краскала–Уоллиса. Анализ статистической значимости различий качественных признаков осуществляли по критерию  $\chi^2$ .

**Результаты и их обсуждение.** Качественная характеристика состояния здоровья детского населения основывается на распределении детской популяции по группам здоровья, составляемым по определяющим критериям здоровья.

Анализ здоровья учащихся последних трех лет обучения в учреждении образования показал, что в возрастной период, характеризующийся особым своеобразием как в биологическом, так и в социальном аспекте (завершения процессов созревания и закладывания физического, психологического, репродуктивного базиса человека для последующей эффективной жизни), обучается только 4,4% здоровых детей, 50,5% — детей с функциональными и морфофункциональными нарушениями и 45,1% — с хронической патологией, при этом половой диморфизм не прослеживается (PearsonChi-square,  $p = 0,649297$ ). Статистически значимых различий в распределении детей по группам здоровья в зависимости от типа учреждения образования выявлено не было (PearsonChi-square,  $p = 0,060540$ ).

Исследования свидетельствуют о том, что в динамике обучения в общеобразовательных учреждениях выявлено статистически значимое увеличение удельного веса учащихся, страдающих хроническими заболеваниями в стадии компенсации (III группа здоровья), и хроническими заболеваниями в стадии субкомпенсации (IV группа здоровья) за счет уменьшения удельного веса здоровых детей (с I группой здоровья) и отнесенных ко II группе здоровья (обучающиеся с функциональными отклонениями) (PearsonChi-square,  $p = 0,003392$ ). Так, численность детей с III группой здоровья от 9-го к 11-му году обучения возросла с 37,4 до 49,6%, а с IV группой — с 0 до 1,1%. (рисунок 1). За этот же период наблюдается уменьшение удельного веса детей II группы здоровья — с 56,6 до 45,8% и I группы здоровья — с 6,0 до 3,6%.

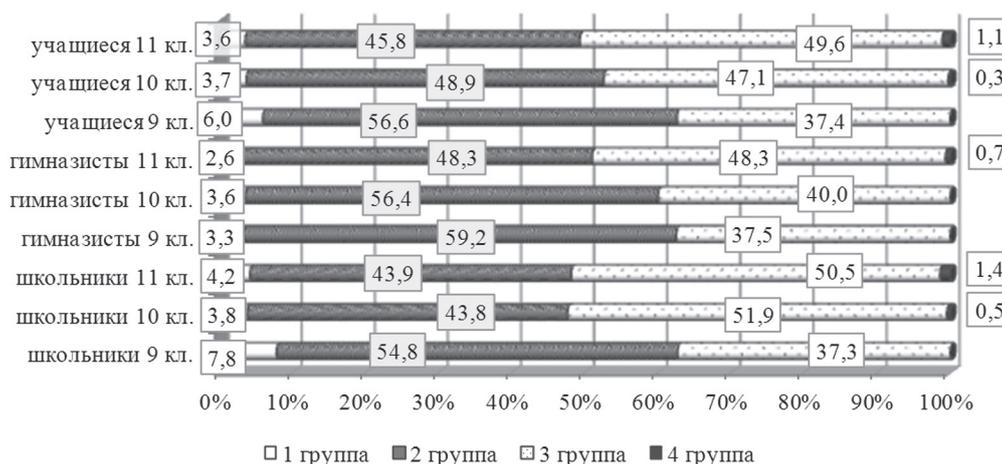


Рисунок 1. — Распределение обследованных учащихся 9–11-х классов г. Минска по группам здоровья в зависимости от типа учреждения образования и года обучения, %

Выявленная тенденция обусловлена, в первую очередь, ухудшением состояния здоровья школьников в процессе обучения. Так, при анализе состояния их здоровья наблюдается уменьшение удельного веса здоровых учащихся, которых в 9-х классах — 7,8%, в 10-х классах — 3,8%, в 11-х классах несущественно больше — 4,2%, что можно объяснить коррективованием, связанным с проведением допризывной медицинской комиссии, а также уменьшением удельного веса учащихся с функциональными и морфофункциональными нарушениями (с 54,6% — в 9-х классах до 43,9% — в 11-х классах). Одновременно происходит увеличение удельного веса школьников с хронической патологией в стадии компенсации и субком-

пенсации: учащихся с III группой здоровья — с 37,3 (в 9-х классах) до 50,5% (к 11-му классу), с появлением к 11-му классу 1,4% детей с IV группой здоровья. Таким образом, имеются статистически значимые различия в распределении школьников по группам здоровья в зависимости от года обучения (PearsonChi-square,  $p = 0,008944$ ), в то же время между мальчиками и девочками школ статистически значимых различий в распределении по группам здоровья не выявлено (PearsonChi-square,  $p = 0,515006$ ).

Проанализировав аналогичным образом состояние здоровья учащихся гимназий, статистически значимых различий в распределении по группам здоровья в зависимости от пола (PearsonChi-square,  $p = 0,721907$ ) и года обучения (PearsonChi-square,  $p = 0,399611$ ) не выявили. Это объясняется тем, что в старшие классы гимназии не попадают слабые по успеваемости учащиеся, большинство из которых страдает хроническими заболеваниями.

Состояние здоровья подростков и их успешность обучения зависят от их адаптации к школьным нагрузкам, в плане их адекватности физиологическим возможностям, и функционального состояния их сердечно-сосудистой системы, т. к. известно, что система кровообращения одной из первых реагирует на изменения среды и участвует во всех приспособительных реакциях.

Изучение адаптационных возможностей подростков по методу Р.М. Баевского в модификации для подросткового возраста установило, что средние показатели АП учащихся старших классов (9–11-е классы) соответствуют уровню неудовлетворительной адаптации (таблица). При этом в динамике обучения у учащихся наблюдается тенденция ухудшения уровня АП (Mann–Whitney U Test,  $p = 0,000823$ ), в первую очередь, за счет учащихся школ (Mann–Whitney U Test,  $p = 0,000120$ ).

Сравнительный анализ гендерных различий уровня адаптационного потенциала свидетельствует, что во все годы обучения адаптационный потенциал мальчиков, как у школ, так и у гимназий, более неблагоприятный по сравнению с девочками (Mann–Whitney U Test,  $p < 0,05$ ). Медианные значения адаптационного потенциала, попадающие в категорию срыва адаптационных механизмов, характерны для мальчиков 11-х классов гимназий, а также мальчиков школ, обучающихся в 10 и 11-х классах. У девочек 9-х классов школ, а так же 9–11-х классов гимназий медиана значений адаптационного потенциала соответствует уровню напряжения механизмов адаптации. Во всех остальных возрастно-половых группах медиана адаптационного потенциала находится на уровне неудовлетворительной адаптации.

Сравнительный анализ медианных значений уровня адаптационного потенциала между школьниками и гимназистами в динамике обучения свидетельствует, что только между учащимися 10-х классов обнаружены статистически значимые различия уровня АП (Mann–Whitney U Test,  $p = 0,002555$ ), причем эти различия имеют место у девочек школ, у которых значение АП (2,24 — неудовлетворительная адаптация) более неблагоприятно по сравнению с девочками гимназий (2,03 — напряжение механизмов адаптации) (различия статистически значимы Mann–Whitney U Test,  $p = 0,000509$ ). Во всех других возрастно-половых группах статистически значимых различий в уровне АП в зависимости от типа учреждения образования не выявлено (Mann–Whitney U Test,  $p > 0,05$ ).

Таблица — Адаптационный потенциал учащихся 9–11-х классов г. Минска в зависимости от типа учреждения образования и пола (Me [25; 75])

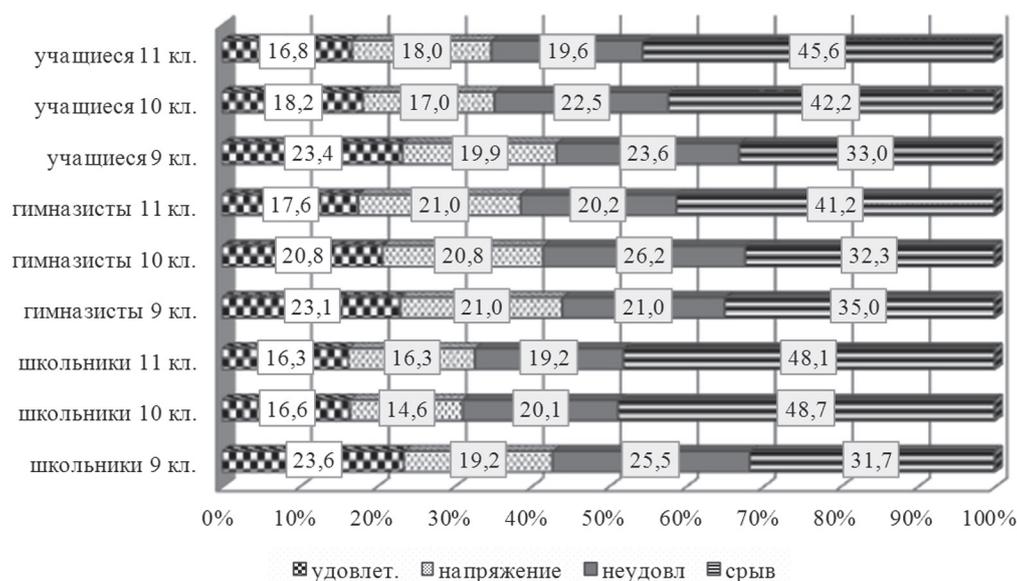
Тип учреждений образования		Пол		Все дети
		мальчики	девочки	
Гимназия	9 класс	2,28 [1,98; 2,53]	2,08 [1,83; 2,25]	2,12 [1,92; 2,39]
	10 класс	2,27 [2,10; 2,46]	2,03 [1,83; 2,23]	2,16 [1,95; 2,37]
	11 класс	2,42 [2,20; 2,56]	2,09 [1,96; 2,30]	2,20 [2,00; 2,45]
	Все учащиеся	2,30 [2,06; 2,54]	2,08 [1,87; 2,26]	2,16 [1,95; 2,41]
Школа	9 класс	2,23 [2,07; 2,43]	2,06 [1,86; 2,27]	2,13 [1,92; 2,37]
	10 класс	2,33 [2,10; 2,55]	2,24 [1,96; 2,44]	2,27 [2,04; 2,49]
	11 класс	2,37 [2,06; 2,52]	2,17 [1,94; 2,35]	2,25 [2,02; 2,48]
	Все учащиеся	2,30 [2,07; 2,52]	2,12 [1,91; 2,37]	2,22 [1,98; 2,45]
УОСО	9 класс	2,25 [2,02; 2,50]	2,06 [1,85; 2,25]	2,13 [1,92; 2,38]
	10 класс	2,30 [2,10; 2,52]	2,13 [1,90; 2,37]	2,23 [2,00; 2,45]
	11 класс	2,38 [2,13; 2,54]	2,13 [1,95; 2,34]	2,24 [2,01; 2,47]
	Все учащиеся	2,30 [2,07; 2,52]	2,11 [1,90; 2,33]	2,20 [1,96; 2,43]

Обращает на себя внимание тот факт, что в школе (как у мальчиков, так и у девочек) в зависимости от года обучения имеются статистически значимые различия в уровне АП (Kruskal–Wallistest,  $p = 0,0385$  и  $p = 0,0031$  соответственно). В гимназии данная тенденция не выявлена (Kruskal–Wallistest,  $p > 0,05$ ).

При оценке индивидуальных данных адаптационного потенциала старшеклассников установлено, что на последней ступени обучения (9–11-е классы) доля учащихся с удовлетворительной адаптацией составляет 19,6%. Почти такой же удельный вес подростков с напряжением механизмов адаптации — 18,4%. С неудовлетворительной адаптацией, когда гомеостаз организма сохраняется благодаря включению компенсаторных механизмов — 21,9% подростков. Срыв адаптации характерен для 40,1% подростков, когда наблюдается резкое снижение функциональных возможностей организма и нарушение гомеостаза. Статистически значимых различий в распределении учащихся старших классов по уровню адаптационного потенциала в зависимости от типа учреждения образования (школа или гимназия) не выявлено (PearsonChi-square,  $p = 0,139091$ ).

Анализируя данные адаптационного потенциала в зависимости от года обучения, установлена тенденция к увеличению удельного веса детей со срывом адаптационных механизмов с 33,0 (в 9-х классах) до 45,6% (в 11-х классах) за счет снижения доли учащихся с удовлетворительной (с 23,4 до 16,8% соответственно) и неудовлетворительной (с 23,6 до 19,6% со-

ответственно) адаптацией (различия статистически значимы (PearsonChi-square,  $p = 0,036136$ )) (рисунок 2). Выявленная тенденция обусловлена снижением адаптационных возможностей школьников, у которых в динамике последних трех лет обучения имеются статистически значимые различия в уровне адаптационных возможностей (PearsonChi-square,  $p = 0,012834$ ).



**Рисунок 2. — Распределение обследованных учащихся 9–11-х классов г. Минска по уровню адаптационного потенциала в зависимости от типа учреждения образования и года обучения, %**

По всей видимости, неблагоприятные тенденции в состоянии здоровья и адаптивного статуса подростков обусловлены ростом от 9-го к 11-му классу учебной нагрузки, функциональной и психологической напряженности, которые способствуют ухудшению показателей регуляции работы внутренних органов (в частности, работы сердечно-сосудистой системы), развитию напряженности, перенапряжения и даже срыва вегетативной регуляции, нарушению биологических ритмов и психического состояния у старшеклассников в процессе обучения (Соболева И.В., Казазаева, Н.Н., 2000).

Рассматривая гендерные особенности, установлены статистически значимые различия уровней адаптационного потенциала между мальчиками и девочками (PearsonChi-square,  $p = 0,000000$ ). Так, удельный вес мальчиков с удовлетворительной адаптацией и напряжением адаптационных механизмов составил 12,4 и 14,7% соответственно, при этом почти в два раза меньше удельный вес девочек с аналогичными показателями — 26,0 и 21,7% соответственно. В то же время доля мальчиков со срывом адаптационных механизмов — 51,4%, что значительно больше, чем девочек (30,0%) и свидетельствует о более быстром истощении адаптивных резервов организма мальчиков в будущем.

Как среди школьников, так и гимназистов удельный вес мальчиков с удовлетворительными адаптационными возможностями и напряжением адаптации (12,0 и 17,3% соответственно — в школах и по 13,4% — в гимназиях) меньше, чем удельный вес девочек с аналогичными уровнями адаптационного потенциала (31,4 и 24,3% соответственно — в школах, 26,7 и 20,4% соответственно — в гимназиях), в то же время мальчиков со срывом адаптационных возможностей больше, чем девочек (47,4 против 20,7% в школе и 47,3 против 33,0% в гимназии). Это подтверждается установленными статистически значимыми различиями в распределении по уровню адаптационного потенциала между мальчиками и девочками как школы (PearsonChi-square,  $p = 0,000022$ ), так и гимназии (PearsonChi-square,  $p = 0,000000$ ).

**Закключение.** Результаты исследования выявили неблагоприятные тенденции в состоянии здоровья и адаптационных возможностей подростков:

1. Среди учащихся старших классов только 4,4% здоровых, при этом почти у половины обследованных (45,1%) диагностированы хронические заболевания.

2. В процессе обучения (с 9-го к 11-му классу) наблюдается увеличение в 1,4 раза удельного веса подростков с хронической патологией, что обусловлено, в первую очередь, ухудшением состояния здоровья школьников. Гендерных различий в распределении подростков по группам здоровья как в школах, так и в гимназиях не прослеживается.

3. Медианные значения адаптационного потенциала учащихся старших классов соответствуют уровню неудовлетворительной адаптации с неблагоприятной тенденцией его ухудшения от 9-го к 11-му классу, в первую очередь у школьников. Во все годы обучения адаптационный потенциал мальчиков как школ, так и гимназий более неблагоприятный по сравнению с девочками.

4. Почти две трети учащихся старших классов имеют срыв адаптационных возможностей (40,1%) и неудовлетворительную адаптацию (21,9%), что в период высокой чувствительности к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды является одним из определяющих элементов развития многих заболеваний.

5. Установлены статистически значимые гендерные различия в распределении подростков по уровню адаптационных возможностей. Мальчиков со срывом адаптации в 1,7 раза больше, чем девочек, что свидетельствует о более быстром истощении адаптивных резервов организма мальчиков в будущем.

6. В динамике обучения от 9-го к 11-му классу наблюдается увеличение в 1,4 раза удельного веса детей со срывом адаптации при снижении доли учащихся с удовлетворительной (в 1,4 раза) и неудовлетворительной адаптацией (в 1,2 раза), что характерно в первую очередь для школьников.

7. Перспективным является выявление приоритетных факторов внутри- и внешкольной среды, формирующих неблагоприятные тенденции в состоянии здоровья учащихся старших классов, что при применении методологии оценки риска позволит получать количественные характеристики ущерба здоровью и разрабатывать механизмы и стратегию различных регулирующих мер, научно обосновывать внедрение целевых профилактических программ, направленных на повышение адаптационных возможностей учащихся.

#### Литература

1. Баранов, А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. — М., 2008. — 215 с.
2. Агаджанян, Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. — М.: Изд-во РУДН, 2006. — 282 с.
3. Баевский, Р.М. Адаптационные возможности и понятие физиологической нормы / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Тез. докл. XVIII съезда физиолог. о-ва им. И.П. Павлова. — Казань; М., 2001. — С. 304.
4. Кучма, В.Р. Изучение адаптации детей и подростков к условиям жизнедеятельности: медико-биологические и психосоциальные аспекты / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева // Научно-методические основы изучения адаптации детей и подростков к условиям жизнедеятельности: сб. ст. — М., 2006. — С. 6–23.

## HEALTH STATUS AND LEVEL OF ADAPTIVE POSSIBILITIES OF HIGH SCHOOL STUDENTS

Melnikova E.I.<sup>1</sup>, Huzik E.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Institution “Republican Scientific & Practical Center of Epidemiology & Microbiology”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus

The characteristic of the health status and level of adaptive possibilities of upperclassmen organism has been given. The tendencies of functional stress in the schoolchildren organism during the learning process have been identified. The problem of providing the learning environment adequate for organisms of teenagers has been indicated along with the need of searching for health-saving educational regimes and pedagogic technologies.

**Keywords:** adolescents, health, adaptation potential.

Поступила 19.07.2016

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСАМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ

Полька Н.С., Коблянская А.В., Склярченко К.А.

Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины», Киев, Украина

**Реферат.** Уровень общественного здоровья и состояние системы здравоохранения зависят от реальных социально-экономических процессов, происходящих в государстве. Прежде всего стратегия отрасли базируется на демографической ситуации, основных показателях здоровья населения с учетом факторов риска окружающей среды. По данным ВОЗ, влияние загрязненной окружающей среды на здоровье человека до сих пор является основной причиной смертности и страданий по всей Европе, особенно для детей. Дети как наиболее уязвимая часть общества чрезвычайно чувствительны к экологическим угрозам.

Опираясь на европейский вектор развития, будущая система здравоохранения в Украине должна быть согласована с европейскими принципами, что предполагает замещение данной модели системы здравоохранения современными мировыми схемами, практиками и опытом, учитывая тот факт, что дети и подростки являются одним из приоритетов государственной политики.

**Ключевые слова:** система здравоохранения, охрана окружающей среды, здоровье детей и подростков, Европейская стратегия, государственная политика, международный опыт.

**Введение.** В последних публикациях Всемирной организации здравоохранения значительное внимание уделено вопросам оценки экологических факторов риска и состоянию здоровья. Представлены материалы с широкомасштабной оценкой и подробными результатами, свидетельствующими о том, насколько и каким образом улучшение состояния окружающей среды может способствовать укреплению здоровья и благополучия. Возникновение и развитие большого числа болезней и плохого самочувствия могут быть предотвращены путем сосредоточения внимания на экологических факторах риска, и это, в свою очередь, должно обеспечить дополнительный импульс к глобальным усилиям по стимулированию профилактических действий, используя все доступные политические, стратегические, практические мероприятия, технологии и знания. Представлено исследование по оценке 12,6 млн случаев смерти во всем мире, в котором на случаи смерти, обусловленные состоянием окружающей среды, приходилось 23% (95% ДИ: 13–34%) от всех случаев смерти. Экологические риски для здоровья в данном исследовании определены как «все физические, химические и биологические факторы, внешние по отношению к человеку, и все связанные с образом жизни, но за исключением факторов среды, которые не могут быть модифицированы» [2].

При ведении учета смерти и инвалидности доля глобального бремени болезней в связи с состоянием окружающей среды составляла 22% (95% ДИ: 13–32%). У детей младше 5 лет — до 26% (95% ДИ: 16–38%) всех смертей можно было бы предотвратить, если бы экологические риски были устранены. Из 12,6 млн смертей, связанных с окружающей средой, 8,1 млн (15%) рассчитывались с использованием методов оценки (CRA) сравнительного риска и оставшиеся 4,5 млн — с использованием комбинации методов, включая экспертное мнение [2]. Анализ показал, что из 133 заболеваний/травм или их групп 101 имела значительные связи с окружающей средой, 92 из которых были идентифицированы по меньшей мере частично. Результаты подтверждают, что 23% глобальных случаев смерти и 26% случаев смерти среди детей младше 5 лет обусловлены влиянием изменяемых факторов окружающей среды [2]. Было установлено, что ключевыми факторами для но-

ворожденных являются загрязнение воздуха, воздействия вторичного табачного дыма от матерей, некачественное водоснабжения и санитария [2, 4].

**Цель работы** — анализ международного опыта, рекомендаций Всемирной организации здравоохранения для определения основных требований в формировании и реализации политики в рамках национальных программ системы окружающей среды, здоровья детей и подростков.

**Материалы и методы.** Проведен системный анализ законодательных документов и научно-методических материалов ВОЗ, а также анализ выполнения государственных программ Украины в области охраны здоровья детей и подростков.

**Результаты и их обсуждение.** На формирование здоровья граждан Украины, как и большинства стран Европейского региона, в конце XX — начале XXI вв. влияет ряд хронических неинфекционных заболеваний (НИЗ): болезни системы кровообращения, злокачественные новообразования, обструктивные заболевания легких, сахарный диабет, социально опасные болезни и пр. Согласно статистическим данным, в Украине одной из самых острых социальных проблем является состояние здоровья детей. Неудовлетворительное состояние здоровья в детском возрасте приводит к нарушениям здоровья на протяжении всей жизни человека, создает социальные и финансовые проблемы, негативно влияет на уровень социально-экономического развития страны.

В 2000 г. Всемирная организация здравоохранения опубликовала Глобальную стратегию предотвращения НИЗ и призвала все государства разработать собственные национальные. Как пример успешного выполнения такой стратегии ВОЗ отмечен опыт реализации программы интегрированной профилактики неинфекционных заболеваний (CINDI) с использованием программного подхода к регулированию влияния ведущих нозологических форм на состояние здоровья [1, 2].

Среди причин подобной ситуации с НИЗ в мире отмечают, прежде всего, т. н. факторы риска, а именно употребление табака, злоупотребление алкоголем, нездоровый режим питания и недостаточная физическая активность. Отрицательное непосредственное влияние на уровни распространенности НИЗ имеют такие социальные факторы, как качество жизни человека, несправедливое распределение денег и ресурсов, недостаток образования, стремительная урбанизация и старение населения, а также социально-экономические, гендерные, политические, поведенческие и экологические детерминанты здоровья [1, 2].

Состояние здоровья детей в Украине является неудовлетворительным в связи с тенденцией к росту заболеваемости, распространенности болезней и инвалидности. Процесс депопуляции, который наблюдается в Украине, начиная с 1990 г., приобрел характер демографического кризиса, в условиях которого сохранение жизни и здоровья каждого ребенка приобретает чрезвычайно важное общегосударственное значение. Украина, подписав в составе 189 стран мира в 2000 г. Декларацию тысячелетия Организации Объединенных Наций (ООН), декларируя борьбу с бедностью и развитие человека как основу для достижения устойчивого социального и экономического развития, обязалась достичь до 2015 г. снижение смертности детей в возрасте до 5 лет на две трети по сравнению с 1990 г. Программным для стран мира стал также итоговый документ специальной сессии в интересах детей Генеральной Ассамблеи ООН в 2002 г. «Мир, благоприятный для детей», которым принят план действий относительно создания мира, благоприятного для детей, и определены задачи по обеспечению права каждого ребенка на жизнь и здравоохранение.

Украина взяла на себя ряд обязательств по улучшению благосостояния детей. В частности, Кабинет Министров Украины 10 мая 2002 г. подписал документ «Мир, благоприятный для детей», в котором определены четыре приоритетных направления деятельности: пропаганда здорового образа жизни; обеспечение возможности получать высококачественное образование; защита детей от жестокого обращения, насилия и эксплуатации; борьба с ВИЧ/СПИДом, а также предусмотрен глобальный план действий, ориентированный на развитие и защиту прав, интересов подрастающего поколения, и задачи, которые мировое сообщество должно выполнять для детей и вместе с детьми.

По данным ВОЗ, одна из трех смертей среди детей в Европе связана с загрязненной окружающей средой. Смертность от экологических факторов на 34% выше у детей и подростков до 19 лет. Именно поэтому дети и их будущее является темой для обсуждения и действий по улучшению окружающей среды и здоровья [3]. Так, в 1989 г. во Франкфурте состоялась первая встреча министров окружающей среды и здоровья, которая начала серию конференций, которые происходят каждые пять лет. Следующими стали Хельсинки (1994), Лондон (1999), Будапешт (2004), Парма (2010). Шестая европейская министерская конференция по окружающей среде и охране здоровья состоится в 2017 г. Именно на Четвертой конференции на уровне министров по окружающей среде и охране здоровья «Будущее для наших детей» (Будапешт, Венгрия, 23–25 июня 2004 г.) был принят Европейский план действий «Окружающая среда и здоровье детей». Документ определил следующие четыре приоритетные региональные задачи (РПЗ) по снижению бремени экологически обусловленных заболеваний у детей для 53 стран Европейского региона: 1) обеспечение надлежащих санитарных условий и безопасной воды для детей в школах и других учреждениях; 2) предупреждение травм на дорогах и организация физической активности; 3) чистый воздух как на улице, так и в помещениях; 4) направление усилий на освобождение окружающей среды от химикатов [3].

Во время Будапештской конференции каждый министр взял обязательство разработать региональный план по улучшению ситуации во всех четырех направлениях и отправить отчет о деятельности и проектах, которые осуществляются для улучшения условий жизни детей, а именно: законодательство, пропаганда здорового образа жизни, повышение уровня знаний, совершенствование системы предоставления услуг, наблюдение за рисками, вызванными факторами окружающей среды [3].

Так, все четыре Региональные приоритетные задачи, определенные в 2004 г. в Будапеште на Четвертой конференции на уровне министров по окружающей среде и охране здоровья «Будущее для наших детей», были подтверждены в ходе Пятой министерской конференции по окружающей среде и здоровью «Защищая здоровье детей в изменяющейся окружающей среде», проведенной 10–12 марта 2010 г. в Парме (Италия) [3, 5].

В ходе Пармской министерской конференции были рассмотрены основные пути решения важнейших проблем современности в области окружающей среды и здоровья, а также отмечено, что защиту прав и интересов подрастающего поколения мировое сообщество должно выполнять для детей и вместе с детьми [5].

С учетом всех рекомендаций ВОЗ совместно с Европейской комиссией по охране окружающей среды был разработан Глобальный план действий для здоровья детей и окружающей среды (2010–2015 гг.), который имеет целью создание безопасной, здоровой, чистой окружающей среды, в которой дети могли бы расти и развиваться в добром здравии, способство-

вать экономическому и социальному развитию общества. Также, учитывая насущные потребности по защите здоровья детей и их окружающей среды, ВОЗ разработал следующие документы: Глобальная стратегия в области рационального питания, физической активности и здоровья (2004); Европейский план действий по окружающей среде и здоровью людей на период 2004–2010 гг. (2004); Европейская стратегия «Здоровье и развитие детей и подростков» (2005); Рамочная конвенция ВОЗ по борьбе против табака (2005); Стратегия, подготовленная в рамках программы «Чистый воздух в Европе» (2005); Документ «Предупреждение травматизма в Европейском регионе ВОЗ» (2005); Документ «Содействие физической активности для здоровья — платформа для действий в Европейском регионе ВОЗ» (2006); Европейский план действий ВОЗ по политике в области пищевых продуктов и питания на 2007–2012 гг. (2007); Глобальная стратегия по профилактике и борьбе с неинфекционными заболеваниями на 2008–2013 гг. (2008); Глобальная стратегия сокращения вредного употребления алкоголя (2010); Рамочная программа действий «Защита здоровья в условиях воздействия изменения климата на окружающую среду» (2010); Документ «Предупреждение детского травматизма» (2011); План действий по реализации Европейской стратегии профилактики и борьбы с неинфекционными заболеваниями на 2012–2016 гг.; «Европейский доклад о предотвращении жестокого обращения с детьми» (2013); Рамочная программа действий по вопросам питания (2014) и др.

Опираясь на опыт реализации предыдущих стратегий, в частности «Здоровье для всех», ВОЗ разработала новую Европейскую стратегию по охране здоровья «Здоровье–2020» — это основа европейской политики и стратегии общественного здравоохранения XXI в. Данная политика разработана в поддержку действий всего государства и общества в интересах здоровья и благополучия, ставит ряд перспективных и смелых задач в деле охраны здоровья людей [1]. Эти основы в сентябре 2012 г. были приняты всеми 53 государствами-членами Европейского региона ВОЗ в самый важный момент. Так, в 2015 г. — контрольный срок для достижения Целей развития тысячелетия (ЦРТ), — новая политика поможет определить место здравоохранения в дальнейшем комплексе глобальных целей в соответствии с новой Европейской политикой «Здоровье–2020» [1].

Украина, как и большинство стран международного сообщества, определила тот факт, что дети и молодежь являются одним из приоритетов государственной политики. От уровня их здоровья во многом зависит формирование трудового и интеллектуального потенциала Украины, поэтому за весь период независимости в стране было разработано, утверждено и введено много государственных программ, направленных на решение ключевых вопросов нашего времени в области окружающей среды и здоровья — Национальная программа «Дети Украины» на период 1996–2000 гг., Межотраслевая комплексная программа «Здоровье нации» на 2002–2011 гг., Государственная программа «Детская онкология» на 2006–2010 гг., Государственная целевая программа «Молодежь Украины» на 2009–2015 г., Государственная программа «Репродуктивное здоровье нации» на период до 2015 г., Общегосударственная программа «Национальный план действий по реализации Конвенции ООН о правах ребенка» на период до 2016 г., Национальный проект «Новая жизнь — новое качество охраны материнства и детства» на 2011–2013 гг.

Стратегически важной приоритетной задачей нашего государства в области здравоохранения является сохранение жизни, здоровья детей и подростков. Так, в июле 2007 г. Кабинет Министров Украины утвердил Концепцию Государственной программы «Здоровый ребенок» на 2008–2017 г. в соответствии с Европейской стратегией ВОЗ «Здоровье и развитие детей и подростков».

Украина принимает активное участие в реализации многих европейских стратегий, которые направлены на создание безопасной, здоровой и чистой окружающей среды, в которой дети могли бы расти и развиваться в добром здравии и способствовать экономическому и социальному развитию общества.

Ухудшение состояния детей в Украине связано с различными причинами, среди которых социально-экономическая нестабильность общества, экологические проблемы, недостаточная материально-техническая база и несовершенная структура системы здравоохранения, отсутствие санитарно-гигиенических навыков у детей и подростков, отсутствие у них приоритетной направленности на здоровье и мотивации к здоровому образу жизни. Кроме того, негативное влияние на здоровье подрастающего поколения оказывает повышение нагрузки и нервно-психического напряжения, несоответствие системы физического воспитания современным особенностям физического развития и динамики физической подготовленности детей, а также нерациональное питание.

Так, по мероприятиям Межотраслевой комплексной программы «Здоровье нации» на 2002–2011 гг. специалистами НАМН Украины были разработаны следующие пути решения медико-социальных проблем формирования здоровья детей и подростков: разработка и внедрение государственной политики по сохранению и укреплению здоровья детей и подростков; создание условий для восстановления потенциала здоровья подрастающего поколения страны; обеспечение детей и подростков доступной, необходимой медицинской помощью; создание системы мониторинга здоровья школьников с учетом влияния на его формирование факторов окружающей среды; обеспечение условий для сознательного и бережного отношения школьников к собственному здоровью; усиление мер первичной и вторичной профилактики наиболее распространенных заболеваний; совершенствование диспансерного наблюдения детей всех возрастных групп; внедрение научной базы в медицинское обслуживание детей и подростков в соответствии со стандартами мирового уровня; создание единой информационной системы медицинской, педагогической и психологической информации по формированию, сохранению и укреплению здоровья детей с учетом влияния факторов окружающей среды.

Современные тенденции здоровья населения мира свидетельствуют о прогрессирующем распространении НИЗ и факторов риска их развития, значительных медико-социальных потерях и экономическом ущербе, поэтому ВОЗ разработала Глобальный план действий по предупреждению и контролю НИЗ на 2013–2020 гг., который предусматривает влияние на все возрастные группы; привлечение общественности и каждого человека; стратегии, основанные на доказательствах; всеобъемлющее покрытие расходов на медицинские цели; предотвращение конфликта интересов; обеспечение прав человека; обеспечение равного доступа к медицинским и профилактическим услугам; национальные мероприятия и медицинское взаимодействие; межсекторальное сотрудничество [1].

Учитывая заболеваемость и смертность от наиболее опасных НИЗ в Украине, а особенно неудовлетворительные показатели детского здоровья, которые значительно опережают аналогичные показатели в других европейских странах, органы власти настроены на воплощение новых подходов к их улучшению, в частности внедрение новой программы — про-

ект Национального плана по имплементации и реализации принципов Европейской стратегии «Здоровье–2020: основы европейской политики в поддержку действий государства и общества в интересах здоровья и благополучия» по борьбе с НИЗ на период до 2020 г. Этот проект новой программы является инструментом для достижения наивысшей цели — сохранение и укрепление здоровья нации.

Участие Украины в программах ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и программах ВОЗ по охране здоровья способствовало дальнейшему повышению международного имиджа Украины, обеспечению ее национальных интересов, широкому информированию мирового сообщества о ходе преобразований, происходящих в сфере здравоохранения, дальнейшему совершенствованию нормативно-правовой базы по обеспечению реализации государственной политики в области охраны окружающей среды, сохранения жизни, здоровья детей и подростков.

У каждого ребенка должна быть возможность жить здоровой и полноценной жизнью. Для ее реализации страны Европейского регионального бюро ВОЗ в сентябре 2014 г. приняли новую стратегию «Инвестируя в будущее детей: Европейская стратегия охраны здоровья детей и подростков, 2015–2020 гг.». Стратегия рекомендует использовать подход с учетом всех этапов жизни, основанный на признании того, что здоровье и заболеваемость у взрослых определяются состоянием здоровья и опытом в предыдущих этапах жизни [6]. Руководящие принципы стратегии предусматривают использование подхода, основанного на фактических данных, стимулировании сильнейших партнерств и межсекторального сотрудничества. Европейская стратегия ориентирована на развитие и защиту прав и интересов подрастающего поколения, на задачи, которые мировое сообщество должно выполнять для детей и вместе с детьми [6].

Европейская стратегия охраны здоровья детей и подростков отмечает, что инвестиции в развитие детей и подростков не только приведут к улучшению показателей здоровья, но также принесут пользу в экономической и социальной сфере [6].

В 2015 г. представители государств-членов ВОЗ встретились на т. н. Совещании по среднесрочному обзору, чтобы оценить прогресс в выполнении Пармской повестки дня, а также обсудить будущие направления работы накануне Шестой министерской конференции по окружающей среде и охране здоровья в 2017 г. Как отмечается в отчете этой встречи, значительные успехи были достигнуты по многим, хотя и не всем, направлениям; работа по выполнению стратегий на национальном и международном уровнях значительно продвинулась и дала измеримые результаты, хотя некоторые показатели остаются довольно низкими и продолжают вызывать беспокойство. Необходимо прилагать больше усилий для снижения по-прежнему высокого бремени болезней, связанных с экологическими факторами и их неравным воздействием на здоровье граждан европейского региона [4, 5].

Значимым событием явилась Европейская министерская конференция ВОЗ «Охват всех этапов жизни в контексте положений политики Здоровье–2020» (21–22 октября 2015 г., г. Минск, Беларусь). Вопросы, которые обсуждались на встрече высокого уровня — воздействие на экологические детерминанты на всех этапах жизни; роль Европейского процесса по окружающей среде и здоровью; использование потенциала многих экологических соглашений; действие в соответствии с особенностями переходных этапов жизни. Всеми присутствующими делегатами было признано, что своевременные меры по защите здоровья на ключевых переходных этапах жизни — это инвестиция в будущее [7].

В документах конференции в разделе «Действовать как можно раньше» обозначены следующие меры политики, направленные на сведение к минимуму последствий бедности и неравенств в отношении здоровья; предоставление всем детям равных возможностей для участия в общественной жизни; предупреждение передачи инфекций от матери ребенку; максимальный охват вакцинацией; сведение к минимуму последствий неправильного питания (как избыточного, так и недостаточного) на этапе внутриутробного развития и в раннем детском возрасте, а также недопущение воздействия таких опасных факторов, как химические вещества, наркотики, загрязненный воздух и отсутствие безопасного водоснабжения и санитарии; действия по сведению к минимуму неблагоприятного воздействия в детском возрасте и преднамеренных и непреднамеренных травм, насилия и пренебрежения, а также максимального предоставления возможностей для когнитивного развития, познания мира, учебы и многое другое, а также всеобщей доступности образования как национальных приоритетов, отражающих тем самым значение образования как важнейшей социальной детерминанты здоровья [7].

Так, во многих странах работа систем здравоохранения заключается в воздействии на последствия, а не на причины нездоровья. Главная задача состоит в том, чтобы определить, каким образом подход с учетом всех этапов жизни может повысить эффективность вмешательств, стимулируя своевременные инвестиции с высоким уровнем отдачи как для здоровья населения, так и для экономики. Перспективы дальнейшего развития государственной политики в сфере охраны окружающей среды и здоровья детей состоят в изучении международного опыта, адаптации и имплементации законодательных и научно-исследовательских материалов ВОЗ и разработке соответствующих нормативно-правовых актов по охране окружающей среды и здоровья детей в Украине.

**Закключение.** Охрана здоровья детей и их окружающей среды — это ключевая предпосылка для обеспечения устойчивого развития в странах мира, где дети должны иметь возможность расти и жить в здоровой среде. Последствия воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека, особенно детей, могут быть очень длительными, распространяясь на многие поколения. Они требуют полной оценки и принятия адекватных мер для сведения к минимуму рисков для здоровья. Благодаря процессу создания Национальных планов действий по НИЗ и гигиены окружающей среды, возникло взаимодействие между сферами здравоохранения, охраны окружающей среды и другими значимыми секторами экономики, а также появился новый подход к совместной работе над проблемами здоровья людей и окружающей среды.

В последние десятилетия XX в. и начале XXI в. во многих странах мира при выполнении профилактических программ были получены убедительные результаты, которые наглядно подтвердили необходимость широкомасштабного осуществления комплексных профилактических мероприятий на популяционном уровне, что является наиболее эффективной стратегией на долгосрочную перспективу.

#### Литература

1. Health 2020. A European policy framework and strategy for the 21<sup>st</sup> century / World Health Organization. — Copenhagen, 2013. — 190 p.
2. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks / J. Pruss-Ustun [et al.]; World Health Organization. — Copenhagen, 2016. — 176 p.

3. Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23-25 June 2004 Declaration (EUR / 04/5046267/6) [Electronic resource]. — Mode of access: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/88577/E83335.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/88577/E83335.pdf?ua=1). — Date of access: 01.06.2016.
4. Улучшение состояния окружающей среды и здоровья в Европе: насколько мы продвинулись в достижении этих целей? [Электронный ресурс] / Евр. регион. бюро ВОЗ. — Копенгаген, 2015. — Режим доступа: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0019/276103/Improving-environment-health-europe-ru.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/276103/Improving-environment-health-europe-ru.pdf). — Дата доступа: 13.06.2016.
5. The Journey to Parma: a tale of 20 years of environment and health action in Europe / World Health Organization. — Copenhagen, 2010. — 80 p.
6. Investing in children: the European child and adolescent health strategy 2015–2020 / World Health Organization. — Copenhagen, 2014. — 23 p.
7. Минская декларация: Охват всех этапов жизни в контексте положений политики Здоровье-2020 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/289966/The-Minsk-Declaration-RU-rev1.pdf?ua=1/](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/289966/The-Minsk-Declaration-RU-rev1.pdf?ua=1/). — Дата доступа: 14.06.2016.

## MODERN REQUIREMENTS TO THE STATE POLICY IN THE SPHERE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND CHILDREN'S HEALTH

*Polka N.S., Koblianska A.V., Skliarenko E.A.*

*State Institution "O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine",  
Kyiv, Ukraine*

According to the international experience, the recommendations of the World Health Organization identify the basic requirements to the development and implementation of the policy within the framework of the national programs on the environmental protection and children's and adolescents' health system. Children as the most vulnerable part of society are extremely sensitive to the environmental threats. The future healthcare system in Ukraine must be agreed with the European principles, it presupposes a replacement of the current model of healthcare system by the modern world schemes, practices and experience, taking into account that children and youth are the priorities of state policy.

**Keywords:** healthcare system, environmental protection, children's and adolescents' health, European strategy, state policy, international experience.

Поступила 19.07.2016

## К ВОПРОСУ О ТАБАКОКУРЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ПОДРОСТКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Пронина Т.Н., Сычик С.И., Грекова Н.А., Полянская Ю.Н.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Министерство здравоохранения Республики Беларусь в 2015 г. принимало участие в мониторинговых исследованиях употребления табака и табачных продуктов среди учащихся 13–15 лет путем реализации Глобального исследования употребления табака среди молодежи (далее — GYTS), координируемого Всемирной организацией здравоохранения (далее — ВОЗ). Обследование GYTS расширяет возможности стран по мониторингу употребления табака среди молодежи, направляет национальные программы по профилактике и борьбе против табака, а также облегчает сравнение данных, связанных с табаком, на национальном, региональном и глобальном уровнях. Результаты GYTS также эффективно используются для мониторинга осуществления различных положений закона о борьбе против табака и соответствующих статей Рамочной конвенции ВОЗ. Национальное репрезентативное исследование в Республике Беларусь выполняли специалисты Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Исследования проводились в 38 общеобразовательных учреждениях республики среди 2992 учащихся из 160 классов в возрасте 13–15 лет. По результатам исследования отмечены следующие показатели распространенности табакокурения: относительно низкие уровни распространенности табакокурения среди подростков (количество подростков-курильщиков сигарет — 7,5%, количество когда-либо пробовавших курить — 35,7%, количество подростков, склонных к употреблению табака в будущем, — 6,5%).

**Ключевые слова:** курение, употребление табака, бездымные табачные изделия, подростки, реклама табака, антиреклама табака, пассивное курение.

**Введение.** В 2005 г. Республика Беларусь ратифицировала Рамочную конвенцию ВОЗ по борьбе против табака, которая вступила в силу в декабре того же года, что отмечается как один из важных шагов в политике усиления контроля над табакокурением.

Основным законодательным актом, регулирующим вопросы борьбы с курением и оборота табачной продукции, является Декрет Президента Республики Беларусь от 17.12.2002 № 28 «О государственном регулировании производства, оборота и потребления табачного сырья и табачных изделий», налагающий запрет на курение в ряде общественных учреждений и мест общественного пользования, продажу табака и табачных изделий гражданам в возрасте до 18 лет и обязывающий указывать сведения о вреде курения на упаковках табачных изделий [1]. В Республике Беларусь также принят Закон «О рекламе» № 225-З от 10.05.2007, налагающий запрет на размещение (распространение) рекламы табачных изделий; существует Государственная политика противодействия потреблению табака на 2011–2015 гг.; разработан перспективный план действий по борьбе с курением с перечнем мероприятий [2, 3]. Специалистами санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения подготовлено постановление № 111 от 03.11.2011 о внесении дополнений и изменений в санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы, касающиеся запрещения курения в учреждениях здравоохранения, образования, спорта, на объектах торговли и бытового обслуживания населения [4]. Помимо этого, реализовывался комплексный план мероприятий по борьбе против табакокурения на 2011–2015 гг. На площадке Таможенного союза специалисты Министерства здравоохранения принимали активное участие в разработке Технического регламента Таможенного союза «Технический регламент на табачную продукцию», устанавливающего обязательные для применения и исполнения требования к табачной продукции, информации (маркировке), наносимой на потребительскую упаковку (ТР ТС 035/204, утв. решением Комиссии Таможенного союза от 12.11.2014 № 107, вступил в силу с 15.05.2016) [5].

В рамках проекта «Глобальное исследование распространенности табакокурения среди подростков», реализуемого с 1998 г. ВОЗ в сотрудничестве с Центром по контролю и предотвращению заболеваний США, изучено употребление табака подростками в Республике Беларусь.

**Цель работы** — изучение отношения подростков к курению, знаний о вреде табакокурения для здоровья, доступа к табачным изделиям, распространенности курения (в т. ч. пассивного) среди подростков и их стремления отказаться от курения, восприятия подростками рекламы и антирекламы табака.

**Материалы и методы.** Обследование GYTS проводилось на базе 38 школ республики среди 2992 учащихся (1498 мальчиков, 1494 девочек) 160 классов в возрасте 13–15 лет с помощью последовательного стандартного протокола. Период проведения исследований — 10.04.2015–25.05.2015.

В результате двухстадийного отбора была проведена региональная стратификация школ и методом случайной выборки установлены классы, в которых должно быть проведено анкетирование школьников. На первой стадии была получена информация обо всех школах республики, имеющих 7–9-е классы, в которых обучаются дети целевой группы (13–15 лет). Методом статистической выборки для обеспечения репрезентативности и достаточности данных для объективной оценки результатов исследования были отобраны школы, в которых состоится анкетирование. На второй стадии методом случайной выборки в каждом образовательном учреждении были выбраны классы, учащиеся которых должны принять участие в заполнении опросника.

Анкетирование было анонимным и конфиденциальным. Дети отмечали выбранные ответы по следующим ключевым индикаторам: употребление табака и бездымных табачных продуктов; доступ и доступность учеников к табаку; их отношение к отказу от курения; пассивное курение; табачная реклама/антиреклама в средствах массовой информации; роль школы в борьбе с табакокурением; знание и отношение к курению. Заполненные анкеты обрабатывались Центром по контролю и профилактике заболеваний ВОЗ (США).

Вопросник GYTS содержал 56 вопросов с несколькими вариантами ответов. Весовой коэффициент был применен к записи каждого учащегося для корректировки вероятности отбора, отсутствия ответа и корректировки после стратификации в соответствии с показателями по населению. Пакет программного обеспечения SUDAAN для статистического анализа сложных данных обследования был использован для расчета взвешенных оценок распространенности и стандартных ошибок (SE) и оценок (доверительные интервалы [ДИ]) 95% были рассчитаны из SE). Были разработаны частотные таблицы для вопросов обследования, которые считаются ключевыми показателями борьбы против табака GYTS.

**Результаты и их обсуждение.** Заслуживают внимания показатели распространенности табакокурения — низкий уровень распространенности табакокурения среди подростков (7,5% курильщиков сигарет). Установлено, что треть современных подростков когда-либо пробовали курить: 35,7% — любые табачные продукты, 31,2% — сигареты, 15,3% — другие виды табачных изделий. Только 0,6% учащихся 13–15-летнего возраста за последний месяц употребляли жевательный или нюхательный табак. Причем когда-либо пробовавших в 5,7 раза больше (3,5%), в основной массе это юноши — 5,1% против 1,9% девочек. Склонны к употреблению табака в будущем 6,5% учащихся. Менее 2% учащихся никогда не курили, но думают, что им бы понравилось выкурить сигарету. Лишь 3,3% курящих подростков чувствуют потребность в сигаретах, что является одним из признаков никотиновой зависимости (таблица 1).

Таблица 1. — Уровни распространенности потребления табака и табачной продукции среди подростков 13–15 лет

Потребление табачной продукции	Всего	Мальчики	Девочки
	распространенность, %		
Курильщики табака (курили в течение последних 30 дней)	9,4	8,9	9,9
Курильщики сигарет	7,5	7,2	7,8
Часто курящие сигареты (курили сигареты 20 или более дней в течение последних 30 дней)	1,8	2,2	1,3
Курильщики других табачных изделий	2,6	2,5	2,7
Когда-либо курившие табак (курили когда-либо, даже одну или две затяжки)	35,7	35,6	35,8
Когда-либо курившие сигареты	31,2	31,6	30,7
Когда-либо курившие другие табачные изделия	15,3	14,7	15,9
Потребители бездымного табака	0,6	0,9	0,2
Когда-либо потреблявшие бездымный табак	3,5	5,1	1,9
Потребители табака	9,8	9,5	10,1
Когда-либо потреблявшие табак	36,5	36,5	36,5
Никогда не употреблявшие табак, склонные к употреблению табака в будущем	6,5	5,8	7,2
Никогда не курившие, считающие, что им бы понравилось выкурить сигарету	1,9	2,1	1,7

Несмотря на то, что в подростковом возрасте усиливается авторитет сверстников, увеличивается восприимчивость к негативным влияниям «улицы», лишь 3,5% курящих подростков считают, что курение помогает в общении со сверстниками, делает их более привлекательными.

Как свидетельствуют полученные данные, первые признаки зависимости от курения (среди курящих подростков) отмечают 80% мальчиков и 67% девочек (ответившие «иногда или всегда курят табак» или им «хочется курить табак первым делом с утра», или у них «возникает сильное желание закурить снова в течение одного полного дня после курения»).

Почти половина (43%) из числа подростков, курящих сигареты (причем девочек достоверно больше чем мальчиков, 52% против 32,9%), курят от 2 до 5 сигарет в день. Более трети учащихся выкуривают ежедневно не более одной сигареты (таблица 2).

Таблица 2. — Результаты анкетирования учащихся 13–15 лет

Количество выкуриваемых в день сигарет	Всего	Мальчики	Девочки
	процент (95% ДИ)		
Менее 1 сигареты в день	17,9 (11,6–26,5)	15,0 (9,1–23,6)	20,7 (10,3–37,4)
1 сигарету в день	22,3 (16,3–29,7)	23,1 (13,6–36,4)	21,7 (14,1–32,0)
От 2 до 5 сигарет в день	43,0 (33,5–52,9)	32,9 (19,4–49,9)*	52,0 (38,2–65,6)*
От 6 до 10 сигарет в день	13,5 (8,2–21,5)	22,8 (12,6–37,7)	5,0 (1,8–13,1)
От 11 до 20 сигарет в день	1,5 (0,6–3,9)	2,6 (0,5–11,8)	0,6 (0,1–5,1)
Более 20 сигарет в день	1,8 (0,4–7,2)	3,7 (0,8–15,4)	0

Примечание — \* — различия достоверны при  $p < 0,001$ .

Стоит отметить, что каждый десятый школьник начинает курить в возрасте до 10 лет. Основная масса учащихся начинает пробовать курить в средней школе, переломным периодом для школьников является переход на предметное обучение (10–13 лет), в результате чего около 40% вовлекаются в процесс курения (таблица 3).

Таблица 3. — Результаты анкетирования учащихся 13–15 лет

Возраст, в котором впервые попробовали курить сигареты	Всего		Мальчики		Девочки	
	процент (95% ДИ)					
7 лет или младше	6,6	(4,7–9,2)	9,1	(5,9–13,7)	4,1	(2,6–6,5)
8 или 9 лет	9,2	(6,6–12,7)	11,2	(7,5–16,3)	7,2	(4,5–11,3)
10 или 11 лет	19,7	(15,7–24,5)	23,5	(17,4–31,0)	15,6	(12,1–19,8)
12 или 13 лет	37,3	(32,6–42,3)	34,4	(28,6–40,6)	40,5	(33,9–47,5)
14 или 15 лет	27,2	(21,5–33,7)	21,8	(16,3–28,5)	32,6	(26,1–39,9)

Почти восемь из десяти курящих подростков (76,5%) хотели бы бросить курить в течение последних 12 мес. и почти столько же (77,1%) пытаются бросить курить сейчас. Число курящих девочек-подростков, желающих бросить курить в течение последних 12 мес., достоверно больше, чем среди юношей (79,7% в сравнении с 73%). Обращает на себя внимание, что лишь каждый пятый из курящих подростков 13–15 лет (20,2%) когда-либо получал помощь или совет от специалиста о том, как бросить курить (таблица 4).

Таблица 4. — Результаты анкетирования учащихся 13–15 лет

Прекращение употребления табачных продуктов	Всего	Мальчики	Девочки
	распространенность, %		
Пытались бросить курить в течение последних 12 мес.	76,5	73,0	79,7
Хотят бросить курить сейчас	77,1	77,8	77,0
Считают, что они смогли бы бросить курить, если бы захотели	91,5	88,1	95,2
Когда-либо получали помощь/совет в рамках программы или от специалиста о том, как бросить курить	20,2	20,3	20,2

Пассивное курение является одним из ключевых индикаторов распространенности табакокурения. Каждый четвертый подросток (25,1%) страдает от пассивного курения у себя дома, каждый третий (30,3%) — за его пределами (внутри закрытых общественных мест (магазины, рестораны, торговые центры, кафе, кинотеатры, школа)). Обращает на себя внимание, что каждый второй подросток подвергается воздействию табачного дыма внутри открытых общественных мест: игровые площадки, пешеходные тротуары, парки, остановки общественного транспорта и др. (таблица 5).

Таблица 5. — Результаты анкетирования учащихся 13–15 лет

Пассивное курение*	Всего	Мальчики	Девочки
	распространенность, %		
Подвергались воздействию табачного дыма дома	25,1	24,2	26,1
Подвергались воздействию табачного дыма внутри любых закрытых общественных мест	30,3	28,8	32,0
Примечание — * — в течение прошедших 7 дней.			

Важным фактором, влияющим на распространенность табакокурения, является доступ подростков к табаку. В соответствии с результатами анкетирования актуальной проблемой является безотказная продажа табачной продукции подросткам (36,3%). Именно столько школьников свободно приобретают сигареты в торговой сети. Каждый третий курящий юноша (32,6%) и каждая вторая девушка (45,1%) берут сигареты у другого курильщика. Половина курящих подростков (47,2%) не получали отказа в продаже сигарет из-за своего возраста. Подавляющему большинству девушек, желающих приобрести сигареты, возраст не является препятствием. Так, количество девушек, которые пытались купить сигареты в течение последних 30 дней, достоверно больше, чем юношей (59,2% в сравнении с 39,4%,  $p < 0,001$ ). При этом почти все опрошенные подростки, покупающие в течение последних 30 дней сигареты (96,9% девушек и 83% юношей), приобретали целую пачку сигарет.

Подавляющее большинство опрошенных курящих подростков (83,8%) замечали предупреждения о вреде для здоровья на пачках сигарет. Достоверно большее число девочек (88,8% в сравнении с 78,1% мальчиков) обращает внимание на предупреждения о вреде курения на пачках сигарет, и как результат — каждую третью девушку (36,3% в сравнении с 24,9% мальчиков) подобная антитабачная информация побуждала к мыслям о прекращении курения. Среди никогда некуривших две трети подростков думали о том, что не будут начинать курить из-за предупреждений о вреде для здоровья на пачках сигарет (61,5% мальчиков и 65% девочек).

Значимое место среди факторов, влияющих на рост употребления табачных изделий среди населения, занимает реклама, главной целью которой является эмоционально-психологическое воздействие на поведение потребителя. Многие решения, которые взрослые и дети принимают в отношении здорового образа жизни, формируются под влиянием средств массовой информации. Так как анкетирование проводилось после принятия закона Республики Беларусь «О рекламе», который запрещает размещение (распространение) рекламы табачных изделий, это позволило нам оценить отношение школьников к рекламе/антирекламе табака. Обращали внимание на антитабачные сообщения в СМИ 70,2% подростков. Почти столько же видели антитабачные сообщения на спортивных мероприятиях.

Настораживает популяризация табака в телепередачах, киноvideопродукции. Более двух третей подростков (77,2% среди всех учащихся) видели употребление табака в кино, по телевизору (таблица 6).

Таблица 6. — Результаты анкетирования учащихся 13–15 лет

Доступность табачных изделий, реклама и антиреклама табака	Всего	Мальчики	Девочки
	распространенность, %		
Купили в супермаркете или магазине *	36,3	41,1	31,9
Курильщики сигарет, которым возраст не мешает покупать сигареты	47,2	39,4	59,2
Сигареты поштучно	1,4	0	3,1
Видели рекламу табака или средства стимулирования продаж в пунктах продаж **	21,2	21,4	21,0
Видели, как кто-либо употребляет табак в телепередачах, других видео или фильмах ***	77,2	78,7	75,8
Когда-либо предлагал представитель табачной компании бесплатные табачные изделия	2,0	3,1	1,0
Учащиеся, у которых есть что-нибудь с нанесенным логотипом бренда табачного изделия ****	5,1	5,6	4,6
Замечали антитабачные сообщения в СМИ ****	70,2	68,9	71,5
Замечали антитабачные сообщения на спортивных или общественных мероприятиях <	62,9	62,4	63,4
Думали о прекращении курения из-за предупреждений о вреде для здоровья на пачках сигарет <<	36,8	31,9	40,8
Учили в школе об опасностях употребления табака в течение последних 12 мес.	86,5	83,9	89,2
Примечания: 1 — * — магазины, киоски, уличные торговцы. 2 — ** — среди тех, кто посещал пункты продажи в течение последних 30 дней. 3 — *** — среди тех, кто смотрел телепередачи, видео или фильмы в течение последних 30 дней. 4 — **** — среди курильщиков табачных продуктов. 5 — < — среди тех, кто посещал спортивные или общественные мероприятия в течение последних 30 дней. 6 — << — среди курильщиков, которые замечали предупреждения о вреде для здоровья.			

В вопросах профилактики табакокурения приоритетной остается роль школы. Анализ данных анкетирования позволил установить, что 86,5% школьников получили информацию о вредном воздействии табачного дыма на здоровье на уроках в школе, причем отметили этот факт достоверно большее количество девочек (89,2% в сравнении с 83,9% среди мальчиков).

Практически треть подростков (36,5%) считают, что бросить курить сложно. Каждый пятый подросток (18,3% девочек и 21,9% мальчиков) убежден, что курение табака помогает людям чувствовать себя более комфортно на торжествах, вечеринках или других общественных мероприятиях. Тем не менее большинство подростков (69,0%) считают, что пассивное курение наносит вред их здоровью (таблица 7).

Таблица 7. — Результаты анкетирования учащихся 13–15 лет

Знание и отношение к табакокурению	Всего	Мальчики	Девочки
	распространенность, %		
Определенно считают, что если кто-то начал курить табак, то бросить курить сложно	36,5	36,5	36,4
Считают, что курение табака помогает людям чувствовать себя более комфортно на торжествах, вечеринках или других общественных мероприятиях	20,1	21,9	18,3
Определенно считают, что дым от курения табака другими людьми вреден для них	69,0	68,5	69,6
Поддерживают запрет курения внутри закрытых общественных мест	92,2	91,6	92,8
Поддерживают запрет курения в открытых общественных местах	84,0	84,9	83,0

Подавляющее большинство (92,2%) поддерживают запрет курения внутри закрытых общественных мест. Чуть меньшее количество (84,0%) подростков поддерживают запрет курения в открытых общественных местах. Обращает на себя внимание отсутствие гендерных различий в отношении к пассивному курению.

**Заключение.** Обобщая результаты GYTS необходимо отметить следующее:

1. Большинство опрошенных учащихся 13–15 лет сообщают, что могли бы бросить курить, если бы захотели, но только лишь пятая часть из них когда-либо получала помощь или совет о том, как это сделать.
2. Данные свидетельствуют о раннем возрасте начала курения сигарет среди подростков Республики Беларусь, поэтому для профилактики и борьбы против употребления табака необходимо вовлекать контингент младшей школы.
3. Каждый четвертый подросток сообщает о том, что подвергается воздействию табачного дыма дома, каждый третий — внутри закрытых общественных мест. Учитывая тот факт, что не существует безопасного уровня воздействия пассивного курения, необходимы жесткие меры для защиты молодежи от вредного влияния табачного дыма.
4. Учащиеся Республики Беларусь подвергаются воздействию протабачных кампаний в СМИ. Было установлено, что борьба с данным воздействием сокращает число начавших курить среди молодежи.
5. Внедрение информационных программ для детей и подростков с учетом гендерных, региональных, а также возрастных особенностей с широким привлечением средств массовой информации способствует повышению уровня информированности учащихся, формированию положительной мотивации и поведенческих реакций.
6. Необходимо дальнейшее развитие законодательства по вопросам усиления контроля над табаком и мониторинг распространенности табакокурения среди подростков для контроля эффективности внедряемых мероприятий.
7. Табакокурение является поведенческим фактором, характеризующим образ жизни человека и его отношение к собственному здоровью. Формирование навыков здоровьесберегающего поведения в подростковом возрасте и усилия, направленные на лучшую защиту данной возрастной группы от рисков, обеспечат более продолжительную и качественную жизнь для всего населения.

#### Литература

1. О государственном регулировании производства, оборота и потребления табачного сырья и табачных изделий [Электронный ресурс]: Декрет Президента Респ. Беларусь от 17 дек. 2002 г. № 28 [зарег. в Нац. реестре правовых актов Респ. Беларусь 19 дек. 2002 г. № 1/4234]. — Режим доступа: [http://www.minfin.gov.by/upload/gosznak/acts/dekret\\_171202\\_28.pdf](http://www.minfin.gov.by/upload/gosznak/acts/dekret_171202_28.pdf). — Дата доступа: 25.05.2016.
2. О рекламе [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 10 мая 2007 г. № 225-3 [налагающий запрет на размещение (распространение) рекламы табачных изделий: зарег. в Нац. реестре правовых актов Респ. Беларусь 16 мая 2007 г. № 2/1321]. — Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p2=2/1321>. — Дата доступа: 25.05.2016.
3. Об утверждении Концепции реализации государственной политики противодействия потреблению табака на 2011–2015 годы и Комплексного плана мероприятий по борьбе против табакокурения на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]: приказ Министерства здравоохран. Респ. Беларусь 15 апр. 2011 г. № 385. — Режим доступа: [http://www.minzdrav.gov.by/lcfiles/000128\\_872503\\_PrikazMZ\\_N385\\_2011.doc](http://www.minzdrav.gov.by/lcfiles/000128_872503_PrikazMZ_N385_2011.doc). — Дата доступа: 25.05.2016.
4. О внесении дополнений и изменений в санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы, касающиеся запрещения курения в учреждениях здравоохранения, образования, спорта, на объектах торговли и бытового обслуживания населения [Электронный ресурс]: постановление Министерства здравоохран. Респ. Беларусь № 111 от 3 нояб. 2011 г.: [зарег. в Нац. реестре правовых актов Респ. Беларусь 16 февр. 2012 г. № 8/24929]. — Режим доступа: [http://www.minzdrav.gov.by/dadfiles/000349\\_67613\\_PostMZ\\_N111\\_2011.doc](http://www.minzdrav.gov.by/dadfiles/000349_67613_PostMZ_N111_2011.doc). — Дата доступа: 25.05.2016.
5. ТР ТС 035/204. Технический регламент на табачную продукцию [Электронный ресурс] тех. регламент тамож. союза [устанавливающий обязательные для применения и исполнения требования к табачной продукции, информации (маркировке), наносимой на потребительскую упаковку]. — Введ. в действие 15.05.2016. — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/Lists/EECDocs/635538246691906663.pdf>. — Дата доступа: 25.05.2016.

## THE ISSUE OF TOBACCO USE AMONG ADOLESCENTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

*Pronina T.N., Sychyk S.I., Grekova N.A., Polyanskaya Yu.N.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

Ministry of Health of the Republic of Belarus carried out the monitoring of tobacco use among adolescents 13–15 years by implementing the Global Youth Tobacco Survey (GYTS) coordinating by WHO. GYTS survey extends the possibilities of the countries to monitor of tobacco use among youth, directs the national prevention program for the tobacco control and also facilitates comparison of data associated with tobacco at the national, regional and global levels. The obtained results of GYTS survey also effectively used for monitoring of implementation of the various provisions of the law on tobacco control and related articles of the WHO Framework Convention. GYTS survey is a national representative survey, which was conducted by the Republican Scientific-Practical Center of Hygiene in the 38 schools among 2992 students of 160 classes at the age of 13–15 years with a standard protocol. The study revealed the following prevalence of smoking: a relatively low smoking prevalence among adolescents (number of teenage cigarette smokers — 7.5%), have ever tried smoking — 35.7%, likely to use tobacco in the future — 6.5% students.

**Keywords:** smoking, tobacco use, smokeless tobacco products, adolescents, media anti-tobacco, media pro-tobacco, passive smoking.

Поступила 19.07.2016

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ И КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ МЕДИЦИНСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ В ДИНАМИКЕ ОБУЧЕНИЯ

*Сергета И.В., Панчук А.Е., Макаров С.Ю.*

*Винницкий национальный медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Винница, Украина*

**Реферат.** В ходе исследований определены закономерности процессов формирования показателей функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координационных способностей студентов стоматологических факультетов высших медицинских учебных заведений в динамике учебного процесса. Установлено, что наиболее адекватные с адаптационной точки зрения и с точки зрения формирования высокой функциональной готовности к выполнению профессионально значимых действий и приемов показатели наблюдаются среди студенток и студентов выпускного курса, наименее адекватные — среди студенток 1-го и студентов 3-го курса. Выявлено, что наиболее оптимальные с адаптационных позиций величины функционального состояния соматосенсорного анализатора и, прежде всего, зрительно-двигательной координации характерны для девушек и юношей, обучающихся на 5-м курсе, наименее оптимальные — для девушек, обучающихся на 1-м курсе, и юношей, обучающихся на 3-м курсе. Данные, полученные в ходе изучения функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координации движений студентов медицинского факультета высшего медицинского учебного заведения в динамике учебного года, свидетельствуют о весьма выраженных изменениях негативного содержания со стороны их критериальных величин.

**Ключевые слова:** студенты, зрительная сенсорная система, координационные способности, функциональные возможности, закономерности формирования, динамика обучения.

**Введение.** Одним из важнейших условий обеспечения успешного течения процессов формирования высокой профессиональной пригодности учащихся и студентов в различных сферах трудовой деятельности, в т. ч. и в контексте подготовки высококвалифицированных специалистов в сфере целого спектра медицинских (лечебных, педиатрических, стоматологических, фармацевтических) специальностей, является высокий уровень психофизиологической готовности их организма к адекватному осуществлению профессионально-ориентированной учебной деятельности, эффективному усвоению значимых с профессиональной точки зрения действий и приемов, а также формированию превентивной образовательной среды непосредственно в учебном заведении [2–5]. В связи с этим существенное место в структуре физиолого-гигиенических исследований и, прежде всего, в структуре исследований в сфере гигиены детей и подростков и гигиены труда, психофизиологии и психогигиены занимают вопросы определения закономерностей процессов формирования показателей функциональных возможностей критериальных показателей высшей нервной деятельности, функций внимания, зрительной сенсорной системы, координационных способностей организма, а также личностных особенностей студентов высших медицинских учебных заведений в динамике обучения как на протяжении всего цикла освоения определенной специальности, так и на протяжении определенного учебного периода (недели, месяца, семестра, года) [6, 7].

**Цель работы** — определение закономерностей процессов формирования показателей функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координационных способностей студентов высших медицинских учебных заведений в динамике обучения.

**Материалы и методы.** Исследования, в центре которых находилось установление закономерностей процессов формирования показателей функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координационных способностей студентов стоматологического и медицинского факультетов, обучающихся в условиях современных высших учебных заведений, проводилось на базе Винницкого национального медицинского университета им. Н.И. Пирогова. Уровень развития психофизиологических функций, являющихся коррелятами функционального состояния зрительного и соматосенсорного анализаторов, имеющих существенную социально- и профессионально обусловленную значимость, определялся с использованием общепринятых для гигиенических и психофизиологических исследований методик как в динамике периода пребывания в высшем учебном заведении, так и в динамике учебного года.

В частности, функциональные особенности зрительной сенсорной системы оценивались на основании использования методики «Светотест», позволяющей оценить особенности критической частоты слияния световых мельканий. В ходе исследований регистрировали частоту (в Гц) предьявляемого, прерывистого по своим ведущим характеристикам, светового сигнала, поступающего к исследуемому, при которой студенты начинали его воспринимать как непрерывный. Исследования проводили трижды для каждого глаза и на основе полученных данных рассчитывали средний результат.

Функциональные особенности соматосенсорного анализатора определялись с помощью методики тремометрии. В ходе исследований студенты располагались перед тремометром и, держа руку на весу, плавно проводили шупом по прорезьям лабиринта прибора, стараясь не касаться его краев. В качестве основных показателей оценки уровня развития координационных способностей использовались данные, характеризующие количество касаний и время выполнения тестового задания (в с), а также величины интегрального показателя координации движений (в усл. ед.), определяемого в результате деления числа касаний на время выполнения координационной пробы. Ряд исследований проводился с использованием специальных стандартизированных компьютерных методик.

Статистический анализ полученных результатов предусматривал использование процедур описательной статистики и параметрических методов оценки различий изучаемых показателей (критерий Стьюдента с определением степени его значимости) в стандартном пакете прикладных программ Statistica 6.1 (принадлежит Центру новых информационных технологий Винницкого национального медицинского университета им. Н.И. Пирогова, лицензионный № АХХ910А374605FA) [1].

**Результаты и их обсуждение.** Результаты гигиенической оценки ведущих показателей функционального состояния зрительной сенсорной системы студентов стоматологического факультета и, прежде всего, характеристик критической частоты слияния световых мельканий, предоставляющих возможность получить адекватную информацию относительно состояния ее функциональных возможностей, а также относительно закономерностей зрительного восприятия наиболее типичных для деятельности будущих специалистов медицинского профиля, в частности будущих врачей-стоматологов, визуальных раздражений, свидетельствовали о том, что их величины у девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников составляли соответственно  $36,89 \pm 0,37$  и  $40,47 \pm 0,61$  Гц, у девушек-третьекурсниц и юношей-третьекурсников — соответственно  $38,83 \pm 0,47$  ( $p_{1-3} < 0,001$ ) и  $39,16 \pm 0,45$  Гц ( $p_{1-3} > 0,05$ ), у девушек-пятикурсниц и юношей-пятикурсников — соответственно  $39,97 \pm 0,56$  ( $p_{3-5} > 0,05$ ;  $p_{1-5} < 0,001$ ) и  $41,00 \pm 0,49$  Гц ( $p_{3-5} < 0,01$ ;  $p_{1-5} > 0,05$ ) (таблица 1).

Наилучшие, исходя из адаптационно-значимых позиций, показатели критической частоты слияния световых мельканий регистрировались среди студентов и студентов выпускного курса, наихудшие — среди студентов 1-го курса и студентов 3-го курса. Межгрупповые достоверные различия наблюдались между девушками, обучающимися на 1 и 3-м курсах ( $p_{1-3} < 0,001$ ), 1 и 5-м курсах ( $p_{1-5} < 0,001$ ), а также между юношами, обучающимися на 3 и 5-м курсах ( $p_{3-5} < 0,01$ ). В то же время различия исследуемых показателей, обусловленные половыми особенностями, регистрировались только в случае сопоставления величин критической частоты слияния световых мельканий, характерных для девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников ( $p_{д-ю} < 0,001$ ). Нельзя не отметить и тот факт, что среди юношей регистрировались более высокие значения исследуемых показателей, чем среди девушек.

Практически аналогичный характер выявленных изменений был характерен и для показателей, отражающих величины исследуемых показателей отдельно для каждого глаза. Так, значения критической частоты слияния световых мельканий для правого глаза у девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников составляли соответственно  $36,98 \pm 0,44$  и  $40,47 \pm 0,58$  Гц, у девушек-третьекурсниц и юношей-третьекурсников — соответственно  $38,56 \pm 0,49$  ( $p_{1-3} < 0,05$ ) и  $39,01 \pm 0,52$  Гц ( $p_{1-3} > 0,05$ ), у девушек-пятикурсниц и юношей-пятикурсников — соответственно  $40,52 \pm 0,55$  ( $p_{3-5} < 0,05$ ;  $p_{1-5} < 0,001$ ) и  $40,89 \pm 0,57$  Гц ( $p_{3-5} < 0,01$ ;  $p_{1-5} > 0,05$ ).

Таблица 1. — Показатели функционального состояния зрительной сенсорной системы организма студентов стоматологического факультета в динамике обучения в высшем медицинском учебном заведении ( $M \pm m$ ; n; p)

Показатели	Время исследований	Группы студентов				p <sub>д-ю</sub>
		девушки		юноши		
		n	M±m	n	M±m	
Критическая частота слияния световых мельканий, Гц (в целом)	1 курс					<0,001
	3 курс					>0,05
	5 курс					>0,05
	p <sub>1-3</sub>	<0,001		>0,05		
	p <sub>3-5</sub>	>0,05		<0,01		
	p <sub>1-5</sub>	<0,001		>0,05		
Критическая частота слияния световых мельканий, Гц (правый глаз)	1 курс					<0,001
	3 курс					>0,05
	5 курс					>0,05
	p <sub>1-3</sub>	<0,05		>0,05		
	p <sub>3-5</sub>	<0,05		<0,05		
	p <sub>1-5</sub>	<0,001		>0,05		
Критическая частота слияния световых мельканий, Гц (левый глаз)	1 курс					<0,001
	3 курс					>0,05
	5 курс					>0,05
	p <sub>1-3</sub>	<0,001		>0,05		
	p <sub>3-5</sub>	>0,05		<0,05		
	p <sub>1-5</sub>	<0,001		>0,05		

Наилучшие из адаптационно-значимой точки зрения показатели критической частоты слияния световых мельканий, как и в предыдущем случае, регистрировались среди студенток и студентов выпускного курса, наихудшие — среди студенток 1-го курса и студентов 3-го курса. Межгрупповые достоверные различия наблюдались между девушками, обучающимися на всех исследуемых курсах, в частности на 1 и 3-м курсах ( $p_{1-3}<0,001$ ), 3 и 5-м курсах ( $p_{3-5}<0,05$ ), 3 и 5-м курсах ( $p_{1-5}<0,001$ ), а также между юношами, обучающимися на 3 и 5-м курсах ( $p_{3-5}<0,05$ ). Различия исследуемых показателей, обусловленные половыми особенностями, были свойственны только для девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников ( $p_{д-ю}<0,001$ ). В этом случае среди юношей регистрировались более высокие значения исследуемых показателей, чем среди девушек.

В то же время величины критической частоты слияния световых мельканий для левого глаза у девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников составляли соответственно  $36,76\pm 0,40$  и  $40,48\pm 0,75$  Гц, у девушек-третьекурсниц и юношей-третьекурсников — соответственно  $39,20\pm 0,51$  ( $p_{1-3}<0,001$ ) и  $39,31\pm 0,55$  Гц ( $p_{1-3}>0,05$ ), у девушек-пятикурсниц и юношей-пятикурсников — соответственно  $40,12\pm 0,48$  ( $p_{3-5}>0,05$ ;  $p_{1-5}<0,001$ ) и  $41,12\pm 0,48$  Гц ( $p_{3-5}<0,05$ ,  $p_{1-5}>0,05$ ). Наилучшие, исходя из адаптационно-значимых позиций, показатели критической частоты слияния световых мельканий регистрировались среди студенток и студентов выпускного курса, наихудшие величины — среди студенток 1-го курса и студентов 3-го курса. Межгрупповые достоверные различия наблюдались между девушками, обучающимися на 1 и 3-м курсах ( $p_{1-3}<0,001$ ), 1 и 5-м курсах ( $p_{1-5}<0,001$ ), а также между юношами, обучающимися на 3 и 5-м курсах ( $p_{3-5}<0,05$ ). Различия исследуемых показателей, обусловленные половыми особенностями, были характерны лишь для девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников ( $p_{д-ю}<0,001$ ). Нельзя не отметить и тот факт, что и в этом случае среди юношей регистрировались более высокие значения исследуемых показателей, чем среди девушек.

Данные гигиенической оценки таких функциональных характеристик соматосенсорного анализатора организма студентов, как их координационные способности и, в первую очередь, показателей координации движений рук девушек и юношей, определяющие степень успешности формирования двигательных навыков, находящихся в основе осуществления наиболее типичных для стоматологической деятельности двигательных актов, являющихся предпосылкой для становления адекватного рабочего динамического стереотипа и обеспечения высокой профессиональной перспективности специалистов стоматологического профиля, свидетельствовали о том, что количество касаний щупом стенок лабиринта в ходе треметрии у девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников составляли соответственно  $9,68\pm 0,69$  и  $9,12\pm 0,50$ , у девушек-третьекурсниц и юношей-третьекурсников — соответственно  $10,20\pm 0,78$  ( $p_{1-3}>0,05$ ) и  $9,52\pm 0,52$  ( $p_{1-3}>0,05$ ) и, наконец, у девушек-пятикурсниц и юношей-пятикурсников — соответственно  $7,28\pm 0,72$  ( $p_{3-5}<0,01$ ;  $p_{1-5}<0,05$ ) и  $6,82\pm 0,44$  ( $p_{3-5}<0,001$ ;  $p_{1-5}<0,001$ ) (таблица 2).

Наиболее положительные с адаптационной точки зрения показатели координации движений регистрировались у студенток и студентов 6-го курса, наименее адекватные — у студенток и студентов 3-го курса. Межгрупповые различия наблюдались среди девушек и юношей 1 и 5-го курсов (соответственно  $p_{1-5}<0,01$  и  $p_{1-5}<0,001$ ) и среди девушек и юношей 3 и 5-го курсов (соответственно  $p_{1-3}<0,05$  и  $p_{1-5}<0,001$ ). Различий исследуемых показателей, обусловленных половыми особенностями, в ходе исследований не регистрировалось ( $p_{д-ю}>0,05$ ).

Таблица 2. — Показатели функционального состояния соматосенсорного анализатора организма студентов стоматологического факультета в динамике обучения в высшем медицинском учебном заведении ( $M\pm m$ ; n; p)

Показатели	Время исследований	Группы студентов				Р <sub>д-ю</sub>
		девушки		юноши		
		n	M±m	n	M±m	
Количество касаний в ходе проведения треметрии	1 курс	32	9,68±0,69	32	9,12±0,50	>0,05
	3 курс	32	10,20±0,78	32	9,52±0,52	>0,05
	5 курс	32	7,28±0,72	32	6,82±0,44	>0,05
	p <sub>1-3</sub>	>0,05		>0,05		
	p <sub>3-5</sub>	<0,01		<0,001		
	p <sub>1-5</sub>	<0,05		<0,001		
Время выполнения тестового задания, с	1 курс	32	32,95±1,27	32	38,44±1,39	<0,01
	3 курс	32	40,97±0,98	32	37,46±1,20	<0,05
	5 курс	32	34,69±1,20	32	33,55±1,16	>0,05
	p <sub>1-3</sub>	<0,001		>0,05		
	p <sub>3-5</sub>	<0,001		<0,05		
	p <sub>1-5</sub>	>0,05		<0,01		
Интегральный показатель координации движений, усл. ед.	1 курс	32	0,295±0,022	32	0,252±0,020	>0,05
	3 курс	32	0,255±0,222	32	0,266±0,019	>0,05
	5 курс	32	0,216±0,025	32	0,209±0,014	>0,05
	p <sub>1-3</sub>	>0,05		>0,05		
	p <sub>3-5</sub>	>0,05		<0,05		
	p <sub>1-5</sub>	<0,05		>0,05		

В то же время показатели скорости выполнения тестового задания в ходе координационной пробы отличались существенным увеличением их величин с  $32,95 \pm 1,27$  с у девушек-первокурсниц до  $40,97 \pm 0,98$  с у девушек-третьекурсниц ( $p_{1-3} < 0,001$ ) с последующим существенным уменьшением до  $34,69 \pm 1,20$  с у девушек-выпускниц ( $p_{3-5} < 0,001$ ;  $p_{1-5} > 0,05$ ), а также уменьшением их значений с  $38,44 \pm 1,39$  с у юношей-первокурсников до  $37,46 \pm 1,20$  с у юношей-третьекурсников ( $p_{1-3} > 0,05$ ) и последующим существенным снижением до  $33,55 \pm 1,16$  с у юношей-выпускников ( $p_{3-5} < 0,05$ ;  $p_{1-5} < 0,01$ ). Обусловленные половыми особенностями различия исследуемых показателей были характерны для девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников ( $p_{д-ю} < 0,01$ ), а также для девушек-третьекурсниц и юношей-третьекурсников ( $p_{д-ю} < 0,05$ ).

Наконец, рассматривая особенности процессов формирования в динамике обучения в высшем медицинском учебном заведении величин интегрального показателя координации движений, следует отметить, что их величины у девушек-первокурсниц и юношей-первокурсников составляли соответственно  $0,295 \pm 0,022$  и  $0,252 \pm 0,020$  усл. ед., среди девушек-третьекурсниц и юношей-третьекурсников — соответственно  $0,255 \pm 0,222$  ( $p_{1-3} > 0,05$ ) и  $0,266 \pm 0,019$  усл. ед. ( $p_{1-3} > 0,05$ ), среди девушек-пятикурсниц и юношей-пятикурсников — соответственно  $0,216 \pm 0,025$  ( $p_{3-5} > 0,001$ ;  $p_{1-5} < 0,05$ ) и  $0,209 \pm 0,014$  усл. ед. ( $p_{3-5} < 0,05$ ;  $p_{1-5} > 0,05$ ).

Наиболее оптимальные с адаптационных позиций величины интегрального показателя координации движений были характерны для девушек и юношей, обучавшихся на 5-м курсе, наименее оптимальные — для девушек, обучавшихся на 1-м курсе, и юношей, обучавшихся на 3-м курсе. Межгрупповые различия регистрировались в результате сопоставления значений интегрального показателя координации движений, присущих для девушек 1 и 5-го курсов ( $p_{1-5} < 0,05$ ), и для юношей 3 и 5-го курсов ( $p_{3-5} < 0,05$ ). В то же время различий исследуемых показателей, обусловленных половыми особенностями, в ходе исследований не регистрировалось ( $p_{д-ю} > 0,05$ ).

Данные, полученные в ходе изучения функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координационных способностей студентов медицинского факультета высшего медицинского учебного заведения в динамике учебного года, свидетельствовали о весьма выраженных изменениях негативного содержания со стороны их критериальных величин. Прежде всего, подобные изменения касались показателей критической частоты слияния световых мельканий и, таким образом, характеристик, свидетельствующих об особенностях зрительного восприятия и лабильности зрительного анализатора, в меньшей мере — ведущих показателей зрительно-двигательной координации.

**Заключение.** Таким образом, в ходе исследований определены закономерности процессов формирования показателей функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координационных способностей студентов высших медицинских учебных заведений в динамике учебного процесса. Установлено, что наиболее адекватные с адаптационной точки зрения и с точки зрения формирования высокой функциональной готовности к выполнению профессионально значимых действий и приемов наблюдаются среди студенток и студентов выпускного курса, наименее адекватные — среди студенток 1-го курса и студентов 3-го курса. Выявлено, что наиболее оптимальные с адаптационных позиций величины функционального состояния соматосенсорного анализатора и, прежде всего, зрительно-двигательной координации, характерны для девушек и юношей, обучающихся на 5-м курсе, наименее оптимальные — для девушек, обучающихся на 1-м курсе, и юношей, обучающихся на 3-м курсе. Данные, полученные в ходе изучения функциональных возможностей зрительной сенсорной системы и координационных способностей студентов медицинского факультета высшего медицинского учебного заведения в динамике учебного года, свидетельствуют о весьма выраженных изменениях негативного содержания со стороны их критериальных величин, требующих разработки и внедрения мероприятий психофизиологического воздействия на организм и психогигиенической коррекции.

#### Литература

1. Антомонов, М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. — Киев, 2006. — 558 с.
2. Баранов, А.А. Медицинские и социальные аспекты адаптации подростков к условиям воспитания, обучения и трудовой деятельности / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. — 352 с.
3. Бодров, В.А. Психология профессиональной деятельности. Теоретические и прикладные проблемы / В.А. Бодров. — М.: Ин-т психологии РАН, 2006. — 623 с.
4. Кальниш, В.В. Психофизиологические аспекты изучения надежности операторской деятельности / В.В. Кальниш // Укр. журн. з проблем медицини праці. — 2008. — № 3. — С. 81–88.
5. Кундієв, Ю.І. Порівняльна характеристика стану професійної захворюваності в Україні і світі / Ю.І. Кундієв, А.М. Нагорна, Л.О. Добровольський // Журн. НАМН України. — 2009. — № 2. — С. 3–11.
6. Польша, Н.С. Актуальні проблеми психогігієни дітей і підлітків: шляхи та перспективи їх вирішення (огляд літератури і власних досліджень) / Н.С. Польша, І.В. Сергета // Журн. НАМН України. — 2012. — Т. 18, № 2. — С. 223–236.
7. Сергета, І.В. Офтальмо-гігієнічні аспекти сучасного візуального оточення дітей, підлітків і молоді / І.В. Сергета, Л.В. Подригало, Н.В. Малачкова. — Вінниця: Діло, 2009. — 176 с.

## MECHANISM OF PROCESSES OF INDICATORS FORMATION OF FUNCTIONALITY OF VISUAL SENSORY SYSTEM AND COORDINATION ABILITIES OF STUDENTS IN HIGHER MEDICAL EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN DYNAMICS OF LEARNING PROCESS

*Serheta I.V., Panchuk A.E., Makarov S.Y.*

*Vinnitsya National Medical University named after N.I. Pirogov, Vinnitsya, Ukraine*

The regularities of indicators formation of the functionality of visual sensory system and coordination abilities of students of higher medical educational institutions in the dynamics of the learning process have been identified in the course of the research. It was found that the most adequate indicators are observed among girl-students and graduate students to the adaptation point of view in terms of the formation of high operational readiness to perform professionally significant actions and techniques, the least adequate — among 1st year students (girls) and 3rd year students (youths). It was revealed that the most optimal value to adaptive position of the functional state somatosensory analyzer and visual-motor coordination is typical for girls and boys studying at 5 course, the least good — for girls, studying at 1 course, and for youths, studying at 3 course. The data obtained in studying the functionality of visual

sensory system and coordination abilities of students of higher medical educational institutions in the academic year dynamics show pronounced changes of negative content of its criterion variables.

**Keywords:** students, visual sensory system, coordination abilities, functionality, formation regularities, dynamics of learning process.

Поступила 05.07.2016

## ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ В ЛЕТНИХ ЗАГОРОДНЫХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ КАК КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЗДОРОВЛЕНИЯ

*Сидукова О.Л., Гузик Е.О.*

*Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Проведена оценка распределения детей на группы здоровья в летнем оздоровительном лагере, а также изучено их физическое развитие в начале и конце оздоровительной смены как критерия эффективности оздоровления. Определены средние возрастно-половые значения индекса массы тела, мышечной силы правой кисти, жизненной емкости легких у девочек и мальчиков 8–14 лет, проведены функциональные пробы Руфье и Генча. Анализ динамики сомато- и физиометрических показателей физического развития детей в период нахождения в оздоровительном лагере свидетельствует о достаточно низкой эффективности оздоровительных мероприятий и целесообразности более детального изучения организации оздоровительной кампании и выявлению факторов, способствующих повышению ее эффективности.

**Ключевые слова:** оздоровление детей, группы здоровья, индекс массы тела, мышечная сила, жизненная емкость легких, проба Генча, проба Руфье.

**Введение.** Проблема охраны здоровья детей в современных условиях — одна из наиболее актуальных, поскольку здоровье детского населения определяет перспективы формирования жизненного, репродуктивного и трудового потенциалов нации в целом. Наиболее выраженное ухудшение состояния здоровья детей и подростков происходит в период получения систематического образования, когда наряду со значительным объемом учебных и статических нагрузок наблюдается значительное нарушение режима дня, питания, снижение двигательной активности. Это определяет важность своевременных и адекватных оздоровительных мероприятий, прежде всего, в каникулярное время. Летнее время — это благоприятный период для восстановления утраченных сил и адаптационных возможностей растущего организма.

В Республике Беларусь оздоровление детей в детских оздоровительных организациях загородного типа отвечает профилактическому принципу отечественного здравоохранения. В этот период появляется возможность охватить системой оздоровительных мероприятий большой контингент детей, используя при этом климатогеографические факторы, правильный режим дня, длительное пребывание на свежем воздухе, рациональное питание, закаливающие процедуры, повышение двигательной активности.

Так, летом 2015 г. было оздоровлено 361,1 (2014 г. — 367,9) тыс. детей на базе 6180 учреждений (2014 г. — 6 094). Для оздоровления детей в условиях лесной (лесопарковой) зоны в 2015 г. было задействовано 155 (2014 г. — 164) стационарных оздоровительных лагерей и 20 (2014 г. — 27; 2013 г. — 40) санаторно-курортных и оздоровительных организаций. По данным Республиканского центра по оздоровлению и санаторно-курортному лечению населения, в летний оздоровительный сезон 2016 г. планируется оздоровить 349,44 тыс. детей, что составит 36% от числа школьников. Следует отметить, что для организации оздоровительной кампании в Республике Беларусь выделяются значительные финансовые средства. Так, на подготовку и функционирование стационарных оздоровительных лагерей в 2016 г. планируется выделить 5,350 млрд рублей, в 2015 г. было затрачено более 4,65 млрд рублей, в 2014 г. — более 3,7 млрд рублей [1–4]. В то же время в последние годы в республике, несмотря на некоторую стабилизацию демографических показателей, выявляется отчетливая тенденция ухудшения здоровья детей и подростков, обучающихся в учреждениях образования. По данным государственного доклада «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь», в 2014 г. заболеваемость детей до 14 лет с впервые в жизни установленным диагнозом составила 174,9 на 100 тыс. детского населения. За последние 10 лет у детей от 0 до 14 лет наблюдается выраженная устойчивая тенденция роста первичной заболеваемости. Удельный вес детей, имеющих хронические заболевания и морфофункциональные отклонения, составляет 13,5% (12,0% — 3-я группа здоровья, 1,5% — 4-я группа здоровья). Достаточно высокие уровни заболеваемости детского населения определяют необходимость организации в летнее время научно обоснованных профилактических мероприятий, которые бы способствовали повышению устойчивости растущего организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды, что определяет целесообразным детальное изучение с использованием неинвазивных методов состояния здоровья детей, находящихся в летних оздоровительных организациях.

**Цель работы** — на основании оценки состояния здоровья, в т. ч. физического развития детей, в летних оздоровительных лагерях с круглосуточным пребыванием в начале и конце смены дать оценку эффективности оздоровления в период летней оздоровительной кампании.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось методом естественного гигиенического эксперимента в 2-х типовых загородных стационарных оздоровительных учреждениях Мисской области. В динамике 4-х смен были обследованы 456 детей и подростков в возрасте от 8 до 14 лет.

Изучение состояния здоровья детей проводилось по данным выкопировки результатов медицинского осмотра из учетной формы.

Физическое развитие изучалось по унифицированной методике в начале и конце смены. Исследовались соматометрические (длина тела, масса тела) и физиометрические (мышечная сила правой кисти, жизненная емкость легких) показатели. Для оценки соответствия массы тела росту (гармоничности физического развития) проводился расчет индекса массы тела (ИМТ). Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) регистрировалась с помощью спирометра (сухого портативного). Сила мышц правой руки регистрировалась с помощью кистевого динамометра ДК-25. Ребенок в положении стоя отводил правую руку го-

ризонгально в сторону и с максимальным усилием сжимал динамометр. Оценка физического развития проведена в соответствии с национальными нормативами [5].

Для оценки функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем в начале и конце смены проводились функциональные пробы (проба Генча и проба Руфье). Для выполнения пробы Генча испытуемые, сидя с зажимом на носу, делали свободный выдох через рот и сидели с закрытым ртом до появления неприятных ощущений. Время задержки дыхания регистрировалось секундомером и оценивалось в соответствии с национальными нормативами [5]. Уровни функционального резерва сердца у детей определяли по данным проведения функциональной пробы с вычислением индекса Руфье. При этом исследование и оценка артериального давления (АД) проводилась согласно рекомендациям ВОЗ. У каждого ребенка АД измерялось трижды на правой руке с интервалом 2–3 мин. Оценка уровня АД и пульса проводилась индивидуально с учетом возраста и пола. Оценка индекса Руфье выполнена по следующим градациям: 0,1–5 — высокий уровень, 5,1–10 — хороший, 10,1–15 — удовлетворительный и больше 15,1 — неудовлетворительный. [4, 5].

**Результаты и их обсуждение.** Одним из ведущих комплексных показателей, характеризующих здоровье, является распределение на группы здоровья, результаты которого у детей, прибывших на оздоровление в стационарный загородный оздоровительный лагерь, представлены на рисунке 1. Среди обследованных каждый седьмой ребенок (13,5%) имеет 1-ю группу здоровья. Отклонения в состоянии здоровья на уровне функциональных (2-я группа здоровья) констатированы более чем в половине случаев (64,0%). Хронические заболевания (3-я группа) зарегистрированы у каждого четвертого ребенка (22,4%), различия в распределении детей по группам здоровья в зависимости от пола статистически не значимы (Pearson Chi-square,  $p > 0,05$ ).

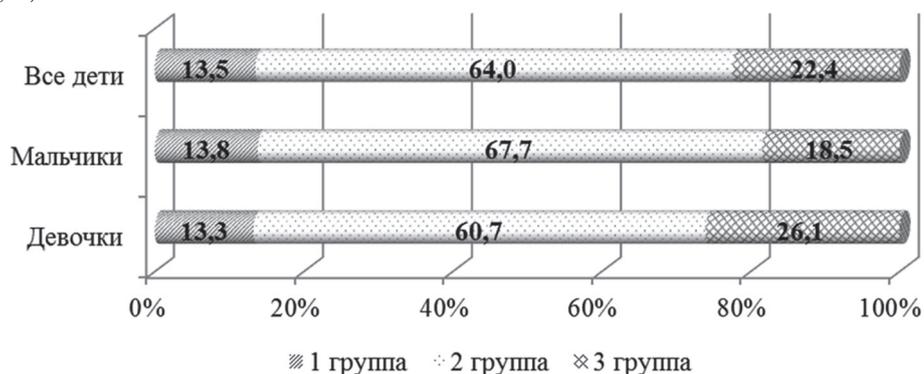


Рисунок 1. — Распределение детей, прибывших на оздоровление в стационарный загородный оздоровительный лагерь, на группы здоровья, %

Одним из ведущих объективных критериев состояния здоровья является уровень физического развития и степень его гармоничности. Длина и масса тела, а также их соотношение являются важнейшими интегральными характеристиками морфофункционального статуса человека на протяжении всей жизни. Результаты оценки индекса массы тела (ИМТ) детей свидетельствуют, что на момент прибытия в оздоровительный лагерь среди обследованных менее половины (41,5%) имели гармоничное физическое развитие (таблица 1). Каждый пятый ребенок имел дисгармоничное физическое развитие за счет избытка массы тела, каждый десятый — за счет ее дефицита.

Таблица 1. — Распределение детей, прибывших на оздоровление в ЛОУ, в зависимости от индекса массы тела (абс., %)

Индекс массы тела	Мальчики		Девочки		Всего	
	n	%	n	%	n	%
Очень высокий	34	14,0	28	10,9	62	12,4
Высокий	37	15,3	24	9,3	61	12,2
Выше среднего	44	18,2	56	21,7	101	20,2
Средний	89	36,8	119	46,1	208	41,5
Ниже среднего	25	10,3	24	9,3	49	9,8
Низкий	9	3,7	4	1,6	13	2,6
Очень низкий	4	1,7	3	1,2	7	1,4
Итого	242	100,0	258	100,0	501	100,0

На момент прибытия в оздоровительный лагерь около трети детей имели резко дисгармоничное физическое развитие. При этом среди обследованных детей с избытком массы тела относительно роста (имеющих очень высокий и высокий ИМТ) в 6,2 раза больше по сравнению с удельным весом детей, имеющих дефицит массы тела (имеющих очень низкий и низкий ИМТ) (Pearson Chi-square,  $p = 0,0001$ ). Гендерных статистически значимых различий в распределении детей по уровню ИМТ нами не выявлено (Pearson Chi-square,  $p = 0,092383$ ).

Для изучения эффективности оздоровления детей обследовали в конце смены с оценкой ИМТ (таблица 2). Установлены статистически значимые различия снижения ИМТ к концу смены лишь у мальчиков 9 лет и девочек 10 лет ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2. — Средневозрастные значения ИМТ у детей в начале и конце оздоровительной смены в зависимости от возраста и пола, кг/м<sup>2</sup> (M±σ)

Возраст	Пол	Начало смены		Конец смены	
		M	δ	M	δ
8	Мальчики	16,8	1,9	17,4	1,3
	Девочки	16,9	2,4	15,6	5,5
9	Мальчики	17,9	3,6	19,7	3,4
	Девочки	17,5	3,2	16,9	2,8
10	Мальчики	18,2	3,1	19,5	3,0
	Девочки	18,1	2,7	19,8	2,1
11	Мальчики	18,9	3,3	18,8	3,5
	Девочки	18,3	3,2	18,5	3,3
12	Мальчики	18,8	4,7	18,1	5,0
	Девочки	18,7	2,9	18,7	3,1
13	Мальчики	19	3,4	19,7	2,3
	Девочки	19,4	3,3	19,4	3,4
14	Мальчики	19,6	2,4	19,2	2,0
	Девочки	20,4	20,8	20,5	20,9

Установлено, что к концу смены в исследуемой выборке удельный вес детей, имеющих гармоничное физическое развитие, увеличился на 2,8%, резко дисгармоничных — практически не изменился и составил 28,1%. Дети с дисгармоничным физическим развитием к концу смены составили 27,6%. При оценке динамики индивидуальных значений ИМТ выявлены статистически значимые различия в распределении детей по уровню ИМТ (Pearson Chi-square,  $p = 0,00000$ ) в начале и конце смены. У 11,9% детей в течение смены наблюдалась благоприятная динамика ИМТ, у 9,7% — неблагоприятная тенденция ИМТ. Среди обследованных детей у 78,4% ИМТ в течение смены не изменился. Поскольку эффективным является оздоровление, если дети на протяжении смены имели гармоничное физическое развитие, поэтому оздоровление детей, которые как в начале, так и в конце смены имели средний уровень ИМТ, можно также считать эффективным. Таким образом, у 50,1% обследованных детей по показателю ИМТ оздоровление можно считать эффективным.

Мышечная сила кистей рук характеризует состояние опорно-двигательной системы и физической работоспособности, их динамика в течение смены также определяет эффективность оздоровления. Результаты исследования мышечной силы правой кисти в начале смены свидетельствуют о том, что 45,2% поступающих на оздоровление детей имели уровень данного показателя в соответствии с возрастом, 51,9% — показатели ниже средневозрастного и лишь 2,9% — выше среднего уровня (таблица 3). Девочек, имеющих мышечную силу рук в пределах возрастной нормы, на 19,0% больше чем мальчиков, при этом на 22,9% больше мальчиков имеют показатели мышечной сил ниже возрастной нормы (различия статистически значимы, Pearson Chi-square,  $p = 0,000883$ ).

Таблица 3. — Распределение детей, прибывших на оздоровление в ЛОУ, по результатам оценки мышечной силы правой кисти в зависимости от возраста и пола (абс., %)

Показатель	Мальчики		Девочки		Всего	
	n	%	n	%	n	%
Выше среднего	5	2,6	7	3,3	12	2,9
Среднее	72	36,9	118	55,9	190	45,2
Ниже среднего	128	65,6	90	42,7	218	51,9
Итого	195	100,0	211	100,0	420	100,0

Сравнительный анализ средневозрастных значений мышечной силы правой кисти в начале и конце смены свидетельствует об отсутствии динамики вышеуказанного показателя во всех возрастно-половых группах ( $p > 0,05$ ) (таблица 4).

При исследовании мышечной силы кисти в конце смены практически только у каждого четвертого (27,3% детей) наблюдалась положительная динамика данного показателя, у 33,5% — показатели не изменились, у 34,2% наблюдалось снижение (различия статистически значимы: Pearson Chi-square,  $p = 0,000000$ ).

Для оценки функции внешнего дыхания нами исследована ЖЕЛ. Установлено, что в начале смены 69,2% детей имели показатели ЖЕЛ в пределах средневозрастной нормы, каждый пятый — выше среднего, каждый десятый — ниже среднего (таблица 5). Выявлены статистически значимые различия между мальчиками и девочками в распределении по уровню ЖЕЛ в начале смены (Pearson Chi-square,  $p = 0,031318$ ). У мальчиков по сравнению с девочками показатели ЖЕЛ ниже возрастных нормативов встречаются в 1,9 раза чаще, при этом выше возрастных нормативов — в 1,3 раза реже.

Таблица 4. — Мышечная сила правой руки у детей в начале и конце оздоровительной смены в зависимости от возраста и пола, кг ( $M \pm \sigma$ )

Возраст	Пол	Начало смены		Конец смены	
		М	$\delta$	М	$\delta$
8	Мальчики	12,2	1,2	11	1,3
	Девочки	10,5	1,4	10,2	5,5
9	Мальчики	12,5	3,6	12,3	2,8
	Девочки	11,1	3	10,4	3,4
10	Мальчики	14	3,4	13	4,4
	Девочки	11,7	3,1	11,5	2,7
11	Мальчики	15,4	4,5	14,07	4,3
	Девочки	14,4	3,4	13,4	4,3
12	Мальчики	17,5	5,4	15,3	5,7
	Девочки	17,2	3,8	16,3	4,4
13	Мальчики	23,4	6,2	22,1	5,9
	Девочки	20	4,7	20,2	5,2
14	Мальчики	19,6	2,4	19,2	2
	Девочки	20,1	4,5	18,4	4,3

Таблица 5. — Распределение детей, прибывших на оздоровление в ЛОУ, в зависимости от уровня показателей ЖЕЛ (абс., %)

Показатель	Мальчики		Девочки		Всего	
	п	%	п	%	п	%
Выше среднего	37	16,4	50	21,5	87	19,0
Среднее	153	68,0	164	70,4	317	69,2
Ниже среднего	35	15,6	19	8,2	54	11,8
Итого	225	100,0	233	100,0	458	100,0

Сравнительный анализ средневозрастных значений результатов исследования ЖЕЛ в начале и конце смены свидетельствует об отсутствии статистически значимой динамики во всех возрастно половых группах ( $p > 0,05$ ) (таблица 6).

Таблица 6. — Значения ЖЕЛ у детей в начале и конце оздоровительной смены в зависимости от возраста и пола, мл ( $M \pm \sigma$ )

Возраст	Пол	Начало смены		Конец смены	
		М	$\delta$	М	$\delta$
8	Мальчики	1640	502	1880	102
	Девочки	1700	637	1875	585
9	Мальчики	2217	258	2247	298
	Девочки	1960	176	1875	175
10	Мальчики	2109	358	2184	376
	Девочки	2141	315	2197	344
11	Мальчики	2417	488	2470	554
	Девочки	2293	407	2307	401
12	Мальчики	3262	399	2712	518
	Девочки	2555	574	2588	584
13	Мальчики	3456	578	3473	538
	Девочки	2913	555	3100	674
14	Мальчики	3473	802	3452	736
	Девочки	3325	484	3414	441

При оценке динамики индивидуальных данных спирометрии нами установлено, что за время пребывания детей в оздоровительном лагере отмечается положительный сдвиг показателей ЖЕЛ от начала к концу смены у более половины обследованных (55,0%) — как у мальчиков, так и у девочек. Однако стоит отметить, что у каждого третьего наблюдалась отрицательная динамика результатов (таблица 7).

Таблица 7. — Распределение детей, прибывших на оздоровление в ЛОУ, в зависимости от динамики результатов ЖЕЛ в конце оздоровления

Динамика	Мальчики		Девочки		Всего	
	n	%	n	%	n	%
Положительная	108	51,9	133	57,8	241	55,0
Отсутствие	26	12,5	32	13,9	58	13,2
Отрицательная	74	35,6	65	28,3	139	31,7
Итого	208	100,0	230	100,0	438	100,0

В загородных стационарных оздоровительных лагерях Республики Беларусь не всегда имеется достаточно оборудования и возможностей оценить функцию внешнего дыхания с использованием спирометра, поэтому одним из критериев оценки функциональной устойчивости систем дыхания и кровообращения является проба Генча (задержка дыхания на выдохе), где за короткий период создается ситуация экстремальной работы данных систем. Результаты исследования пробы Генча у детей в начале смены свидетельствуют о том, что способность к задержке дыхания на выдохе соответствует возрастной норме у 74,4% учащихся, у каждого четвертого — показатель выше среднего.

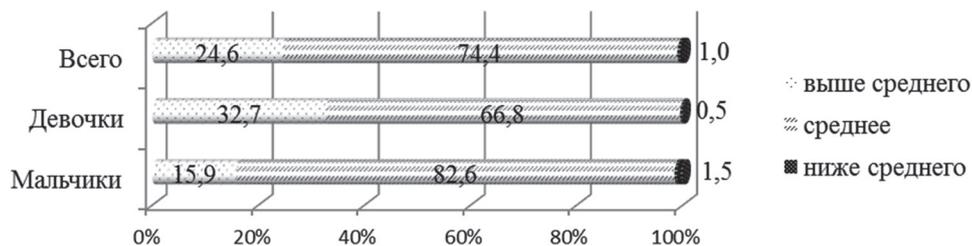


Рисунок 2. — Распределение обследованных детей по результатам выполнения пробы Генча в зависимости от пола, %

Установлены статистически значимые различия в выполнении пробы Генча между мальчиками и девочками (Pearson Chi-square,  $p = 0,000000$ ). Среди мальчиков в 2,1 раза чаще встречаются результаты ниже возрастных нормативов.

При сравнительной оценке индивидуальных результатов выполнения пробы Генча в начале и конце смены установлено, что к концу смены 194 ребенка (47,2%) улучшили этот показатель (из них 95 мальчиков (45,0%) и 99 девочек (46,4%)). У 58 (14,3%) обследованных детей за период оздоровления отмечалась отрицательная динамика.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы является одним из определяющих показателей адаптивно-приспособительной деятельности организма, поэтому целесообразным является изучение особенностей кардиоваскулярной системы у детей и подростков как критерия эффективности оздоровления [5, 6]. Нами в качестве интегрального показателя использовалась проба Руфье. В результате исследования установлено, что лишь 63,1% детей имеют удовлетворительные показатели. Удельный вес мальчиков с хорошими показателями по результатам выполнения данной пробы в три раза больше, чем у девочек (Pearson Chi-square,  $p = 0,018064$ ). Неудовлетворительные результаты выполнения вышеуказанного теста имеет каждый третий обследованный ребенок, причем среди девочек таких в 1,8 раза больше по сравнению с мальчиками (таблица 8).

Таблица 8. — Распределение детей, прибывших на оздоровление в ЛОУ, в зависимости от показателей пробы Руфье в начале смены

Начало смены	Мальчики		Девочки		Всего	
	n	%	n	%	n	%
Хорошо	10	9,0	4	3,01	14	5,7
Удовлетворительно	74	66,7	80	60,15	154	63,1
Неудовлетворительно	27	24,3	49	36,84	76	31,1
Итого	111	100,0	133	100,00	244	100,0

К концу смены наблюдается незначительная динамика улучшения выполнения данной пробы. Так, лишь 17% детей перешли в более благоприятную группу, у 3% показатели ухудшились, достоверных различий между мальчиками и девочками не выявлено (Pearson Chi-square,  $p > 0,05$ ). Данная ситуация может быть связана с недостаточным по времени пребыванием детей в детском оздоровительном лагере и недостаточной организацией двигательной активности.

**Заключение.** Учащиеся, прибывающие на оздоровление в стационарные оздоровительные организации, нуждаются в целенаправленных научно обоснованных оздоровительных мероприятиях, поскольку среди обследованных лишь каждый седьмой не имеет отклонений в состоянии здоровья, у каждого четвертого выявляются хронические заболевания. По результатам оценки физического развития с использованием сомато- и физиометрических критериев в динамике оздоровительной смены среди детей выделены группы, имеющие неблагоприятную динамику физиометрических показателей. Оздоровление можно считать эффективным: по показателю ИМТ — у 50,1%; мышечной силе правой кисти — у 27,3%, показателю ЖЕЛ — у 55,0%, пробе Генча — у 47,2%, пробе Руфье — у 17,0%.

Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной и неэффективной организации оздоровительной работы в лагерях. Существует необходимость не только сохранения системы оздоровления, но и ее дальнейшего развития с увеличением продолжительности лагерной смены, совершенствованием контроля эффективности оздоровления, а также изучением факторов, способствующих повышению эффективности оздоровления.

#### Литература

1. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2014 году: гос. докл. — Минск, 2015. — 166 с.
2. Баранов, А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. — М.: Науч. центр здоровья детей РАМН, 2008. — 216 с.
3. Мустафина, И.З. Динамика функциональных возможностей как критерий оценки эффективности оздоровительных мероприятий в загородных стационарных учреждениях отдыха и оздоровления детей / И.З. Мустафина // *Вопр. современной педиатрии*. — 2006. — Т. 5, № 1. — С. 758–759.
4. Гусева, С.В. Влияние отдыха в летнем детском оздоровительном лагере на организм ребенка / С.В. Гусева, Н.И. Аверьянова // *Вопр. современной педиатрии*. — 2005. — Т. 4, прил. С. — С. 136–139.
5. Требования к оздоровительным организациям для детей: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 26.12.2012, № 205, с изм. и доп. согл. постановления М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 29.06.14. № 63 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/static/acts/tehnicheskie/teksty/lageria>. — Дата доступа: 18.07.16.
6. Скрыгин, С.В. Индекс Руфье — универсальный показатель работоспособности сердечнососудистой системы в процессе физического воспитания / С.В. Скрыгин // *Электрон. науч. журн.* — 2016. — № 2 (5). — С. 551–554.
7. Физиологические основы здоровья: учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. Р. И. Айзман. — М. ИНФРА-М, 2015. — 351 с.

### EVALUATION OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF CHILDREN IN SUMMER CAMP AS A CRITERION OF RECOVERY

*Sidukova O.L., Guzik E.O.*

*State Educational Institution "The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education", Minsk, Republic of Belarus*

The estimation of the distribution of children in the health group in summer camps, as well as the study of their physical development at the beginning and at the end of their stay, as a criterion of improvement efficiency have been carried out. The average age and sexual values of body mass index, muscle strength of the right hand, lungs vital capacity in girls and boys 8–14 years old have been determined, the functional Rufe and Ghence samples have been conducted. The dynamics analysis of indicators of children physical development during their stay in the health camp reveals a fairly low efficiency of recovery measures and the appropriateness of a more detailed study of the health campaigns organization and identification of factors that enhance recovery efficiency.

**Keywords:** children's health, groups of health, body mass index, muscular strength, lungs vital capacity, Ghence sample, Rufe sample.

Поступила 19.07.2016

### ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ И ВОСПИТАНИЕ ПОДРАСТАЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ПЕРВИЧНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ОСНОВНЫХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ

*Солтан М.М., Борисова Т.С., Бобок Н.В.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Неинфекционные заболевания населения являются одной из актуальных проблем современности. В данной публикации представлены результаты научных исследований, выполненных кафедрой гигиены детей и подростков БГМУ в области первичной профилактики заболеваний и здоровьесбережения среди 917 детей, подростков и молодых людей. Обоснована необходимость комплексного подхода к профилактике основных неинфекционных заболеваний населения с акцентированием внимания на формировании навыков здорового образа жизни среди подрастающего поколения.

**Ключевые слова:** первичная профилактика, неинфекционные заболевания, дети, подростки, молодежь, здоровый образ жизни.

**Введение.** Серьезной проблемой общественного здравоохранения в современном мире стали неинфекционные заболевания (НИЗ) населения, число которых продолжает увеличиваться с каждым годом. В настоящее время неинфекционные болезни составляют более 47% общей заболеваемости населения и являются причиной 60% случаев смерти в мире. По оценкам экспертов ВОЗ, при сохранении такой тенденции к 2030 г. на долю НИЗ будет приходиться до 75% случаев смерти в мире. Основной вклад в заболеваемость и смертность от неинфекционных заболеваний вносят сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, хроническая патология органов дыхания и сахарный диабет. Формирование данной патологии обусловлено образом жизни людей и наличием общих факторов риска: употребление табака, нездоровый режим питания, недостаточная физическая нагрузка и употребление алкоголя [1].

В Республике Беларусь проблема сохранения и укрепления здоровья населения на сегодняшний день также стоит достаточно остро. Демографические и социально-экономические тенденции, а также неблагоприятная экологическая ситуация влекут за собой ухудшение здоровья населения. Отмечается достаточно широкое распространение вредных привычек: 91,3% мужчин и 85,7% женщин имеют от 1 до 5 факторов риска, связанных с особенностями образа жизни человека. Наиболее распространенными факторами риска являются низкая физическая активность, нерациональное питание, табакокурение, употребление алкоголя, неоправданное применение лекарственных препаратов [2].

Здоровье взрослого населения в значительной степени определяется здоровьем детей, т. к. оно формируется с раннего детства. Дети и подростки являются самым чувствительным контингентом к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, поэтому изменения показателей состояния здоровья данной возрастной группы следует рассматривать как барометр социально-экономического развития общества и критерий санитарно-эпидемиологического благополучия всего населения.

Исследования последних десятилетий в области гигиены детей и подростков свидетельствуют о нарастании негативных тенденций в состоянии здоровья данной категории. Аналогичная тенденция прослеживается и в состоянии здоровья детей Республики Беларусь: увеличение заболеваемости практически по всем классам болезней, ухудшение физического развития, снижение уровня физической подготовленности. Так, заболеваемость детей до 14 лет с впервые в жизни установленным диагнозом в 2014 г. составила 173174,9 на 100 тыс. детского населения, заболеваемость подростков (15–17 лет) — 134552,7. Уровни заболеваемости остаются высокими и превышают показатели 2000 г. в 1,2 раза у детей до 14 лет и в 1,6 раза — у подростков [3].

Наиболее выраженный рост распространенности функциональных нарушений, хронических заболеваний, отклонений в физическом развитии, частоты острой и обострения хронической патологии у детей происходит в период получения общего среднего образования [4]. За время обучения уменьшается количество детей первой группы здоровья наряду с увеличением наполняемости третьей группы здоровья. Растет распространенность среди учащихся по сравнению с дошкольниками в 4,7 раза нарушений остроты зрения, в 6,7 раза — нарушений осанки, отмечается выраженная устойчивая тенденция роста как общей, так и первичной заболеваемости по классам и отдельным нозологическим формам болезней. К подростковому возрасту наблюдается уменьшение удельного веса абсолютно здоровых детей в 2,7 раза при увеличении почти в 5,5 раза числа детей, имеющих хронические заболевания [5].

В сложившейся ситуации важнейшей задачей сохранения и укрепления общественного здоровья является гармоничное физическое и духовное развитие личности, формирование ответственного отношения к собственному здоровью и устойчивой мотивации к здоровому образу жизни, особенно среди подрастающего поколения.

**Цель работы** — изучение распространенности поведенческих факторов риска и их влияния на состояние здоровья детей, подростков и молодежи в организованных коллективах.

**Материалы и методы.** Объектом исследования явились учащиеся 5, 8, 9, 10-х классов учреждений общего среднего образования, обучающиеся на 1, 2-м курсе учреждений среднего специального образования и студенты 3-го курса медицинского вуза. Всего было обследовано 917 человек. Диагностика поведенческих факторов риска проводилась с применением унифицированной анкеты ВОЗ для изучения образа жизни. Выявление риска формирования компьютерной зависимости осуществлялось с помощью анкеты Л.Н. Юрьевой и Т.Ю. Болбот [6]. Также был применен метод диагностики подверженности рискованному половому поведению и выявления групп риска инфекций, передающихся половым путем (ИППП) [7]. Сведения о состоянии здоровья учащихся были получены из медицинской документации, студентов — анкетно-опросным методом. Функциональное состояние организма оценивалось по показателям сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Статистическая обработка полученных данных проводилась методами вариационной статистики с использованием пакета прикладных программ Statistica 8.0. Достоверность различий оценивалась параметрическими и непараметрическими методами (критерий  $\chi^2$  и двусторонний точный критерий Фишера — *P*). Различия считали статистически значимыми при вероятности безошибочного прогноза не менее 95,0%.

**Результаты и их обсуждение.** В иерархии жизненных ценностей обследованного контингента, независимо от возраста, превалирует здоровье, далее следуют дружба, семья, любовь и интересная работа. Респонденты достаточно хорошо осведомлены о составляющих здорового образа жизни, на что указывает распределение, по их мнению, основных факторов, благоприятно влияющих на здоровье человека. Первостепенное значение опрошенные отводят полноценному отдыху, затем следуют правильное питание, отказ от вредных привычек, достаточная физическая активность и благоприятные экологические условия. Главными факторами, ухудшающими здоровье, по мнению респондентов, являются экология, условия учебы, качество питания, условия отдыха и собственное поведение.

Несмотря на понимание роли физической активности в сохранении здоровья, 67,8% детей и подростков отметили, что ведут преимущественно «сидячий» образ жизни. В свободное от учебы время 38,9% опрошенных отдает предпочтение просмотру телевизора, при этом каждый десятый проводит за экраном более 4 ч в день. Всего лишь 53,1% регулярно гуляют на свежем воздухе, только каждый четвертый ежедневно занимается физическими упражнениями, в то время как 15,3% опрошенных практически «никогда или очень редко» прибегают к спортивным упражнениям. Нерациональная организация жизнедеятельности проявляется и нарушением сна: у половины опрошенных он составляет менее 8 ч в сут.

Вредные привычки — основной фактор риска формирования хронической патологии взрослых, тем не менее их распространенность увеличивается по мере взросления учащихся. Количество лиц, пробовавших курить, среди учащихся 8-го класса составляет 9,5%, а среди учащихся 10-х классов — 21,2%. Среди студентов курит треть обследованного контингента. Распространенность курения среди студентов не имеет гендерных различий и встречается практически одинаково часто как среди юношей, так и среди девушек (30,0 и 26,9% соответственно). Понимая пагубность данной привычки, около 57,0% курящих готовы с ней расстаться. При этом к подобному решению склоняются 66,7% курящих юношей и 53,3% курящих девушек. Наркотические вещества пробовали 3,2% учащихся 9-го класса, 6,1% десятиклассников и 9,7% студентов вуза.

Среди последних мы выявили статистически достоверную связь рискованного поведения по отношению к психоактивным веществам (ПАВ) и курения ( $p = 0,004731$ ). Так, среди курящих студентов пробовали наркотические или токсические вещества 29,4%, в то время как среди некурящих — только 2,2% опрошенных. Рискованное поведение в отношении ПАВ чаще встречается среди курящих юношей, чем среди курящих девушек (66,7 и 21,4% соответственно), хотя данные не получили статистического подтверждения.

Изучая распространенность употребления алкоголя, нами было выяснено, что 50,4% опрошенных подростков употребляют алкоголь с разной частотой. В ходе исследования не установлено статистически достоверных гендерных особенностей распространенности и частоты употребления алкогольных напитков. Алкоголь употребляют 50,9% опрошенных мальчиков и 50,0% девочек. При этом есть различия по частоте приема алкоголя. Употребление алкоголя «несколько раз в месяц» отметили 9,8% девочек и 10,7% мальчиков; «несколько раз в неделю» употребляют алкоголь 0,7% девочек и 3,6% мальчиков. На почти ежедневное употребление алкоголя указали только девочки (0,7%). Отмечаются различия в частоте употребления алкоголя в зависимости от типа образовательного учреждения. Группа потребителей спиртного «несколько раз в месяц» наблюдалась среди 14,0% учащихся колледжей и 5,3% школьников, равно как и группы «несколько раз в неделю» и «почти ежедневно» выявлены только среди учащихся колледжей (3,3 и 0,7% соответственно).

Средняя доза употребления алкоголя в пересчете на водку у 35,3% несовершеннолетних потребителей составляет 50 мл и более, при этом 13,5% из всех опрошенных употребляют алкоголь в дозе более 200 мл. Употребление алкоголя в более высоких дозах характерно для лиц мужского пола. Так, употребление более 200 мл алкоголя отметили 24,6% мальчиков и 5,3% девочек ( $\chi^2 = 10,366$ ;  $p \leq 0,001$ ). Также была выявлена тенденция к более высокому потреблению алкоголя среди учащихся колледжей. Употребляют алкоголь в дозе более 200 мл 17,3% опрошенных учреждений среднего специального образования и 6,5% школьников, хотя данные и не получили статистического подтверждения.

Среди студентов употребляют несколько раз в месяц пиво и легкие вина 60,0%, крепкие алкогольные напитки — 12,0%. Имеют признак алкогольной зависимости (употребляют пиво несколько раз в неделю) 4,0% опрошенных.

Проведенная среди подростков учреждений общего среднего и специального образования диагностика подверженности рискованному половому поведению показала, что коллективный риск развития ИППП (ИКР) среди опрошенных составил 28,0%, что соответствует низкой вероятности развития ИППП. При этом результаты оценки вероятности развития ИППП на индивидуальном уровне показали, что 42,4% подростков не имеют риска развития ИППП; 9,5% относятся к группе с очень низким риском; 10,2% — к группе с низким риском; 9,9% опрошенных имеют средний риск. Вместе с тем 28,0% подростков относится к группе, требующей активных профилактических мероприятий, т. к. 17,8% из них имеют высокий риск развития ИППП, а 10,2% — очень высокий риск развития ИППП. Представители указанных групп риска нуждаются в активной профилактике с учетом индивидуальных типологических особенностей личности и выяснением причин мотивации на деструктивное поведение.

Изучая гендерные особенности формирования риска развития ИППП, было выявлено, что коллективный риск среди мальчиков статистически достоверно выше, чем среди девочек ( $\chi^2 = 7,093$ ;  $p \leq 0,01$ ). ИКР у мальчиков составил 36,6%, а у девочек — 21,7%, что в обоих случаях соответствует низкому риску развития ИППП.

Сравнительный анализ риска развития ИППП у подростков разных организованных коллективов показал, что ИКР среди учащихся, получающих специальное образование, достоверно выше (34,7%), чем среди школьников (19,3%;  $\chi^2 = 7,584$ ;  $p \leq 0,01$ ).

Анализ причинных факторов формирования риска развития ИППП показал, что он напрямую зависит от количества употребляемого алкоголя. Корреляционные расчеты выявили достоверную связь между количеством употребляемого алкоголя и риском развития ИППП: чем больше доза алкоголя, тем выше риск ИППП ( $\chi^2 = 40,324$ ;  $p \leq 0,001$ ). Все учащиеся, доза употребления алкоголя которыми в пересчете на водку составляет 100 мл и более, имеют высокий и очень высокий риск развития ИППП, независимо от типа учреждения образования.

Более половины (53,7%) обследованных детей и подростков ежедневно организуют свой досуг с использованием ПЭВМ (компьютера, ноутбука, планшета и др.), при этом 17,2% просиживает за экраном монитора более 4 ч, что способствует развитию компьютерной зависимости. Признаки аддиктивного поведения выявлены у 81,7% учащихся с колебанием в зависимости от возраста (от 79,5% в 5-м до 90,9% в 10-м классе). Привлекательность компьютерных технологий имеет статистически значимые гендерные различия и в большей степени характерна для лиц мужского пола ( $\chi^2 = 4,209$ ,  $p \leq 0,05$ ). С возрастом наблюдается нарастание степени тяжести компьютерной зависимости («выраженный риск развития компьютерной зависимости»): с 13,3% в 5-м до 39,4% в 10-м классе, что требует вмешательства специалистов разного профиля в связи с развитием у данного контингента поведенческих и психических расстройств.

Исследование показало, что посещение спортивных секций достоверно снижает риск развития компьютерной зависимости ( $\chi^2 = 4,394$ ;  $p \leq 0,05$ ). Снижению риска развития компьютерной зависимости способствует также и рациональное использование информационных технологий в повседневной жизни. Работа за экраном монитора не чаще 2–3 раз в неделю снижает риск развития зависимого поведения среди мальчиков в 6 раз ( $P = 0,015$ ), а среди девочек — в 2 раза ( $P = 0,0015$ ).

Широкий спектр поведенческих факторов риска, присутствующий у обследованного контингента учащихся, сказывается на состоянии их здоровья. Большинство опрошенных (51,3%) оценивают состояние своего здоровья как «хорошее», 1/5 — как «скорее хорошее» или «удовлетворительное» и только 10,9% указали на наличие проблем в состоянии здоровья.

Субъективная оценка состояния собственного здоровья среди студентов менее оптимистична. Собственное здоровье охарактеризовали как «хорошее» 16,0% студентов. «Скорее хорошее» состояние здоровья отметили 24,0% третьекурсников. Большинство студентов (52,0%) указывает на его удовлетворительный уровень. «Скорее плохое» и «плохое» здоровье имеет место у 4,0% студентов.

Индикатором преобладающего большинства неблагоприятных воздействий на растущий организм являются изменения основных соматометрических показателей (длины и массы тела). Специалисты ВОЗ рекомендуют для их оценки в рамках донозологической диагностики использовать индекс массы тела (ИМТ), позволяющий выявить дисгармоничность физического развития с установлением степени гипотрофии или ожирения. При анализе физического развития учащихся установлено наличие дисгармоничного физического развития практически у каждого второго (53,9%). При этом дисгармоничное физическое развитие достоверно чаще обусловлено избытком массы тела, нежели ее дефицитом (34,5 и 19,4% соответственно,  $p < 0,001$ ). Данный контингент риска во всех возрастных группах формируется в основном лицами мужского пола.

Среди обследованных студентов 12,0% указали на наличие избытка массы тела. При этом отклонения ИМТ чаще встречаются у юношей (30,0%), чем у девушек (9,6%). ИМТ ниже нормы более характерен для курящих лиц мужского пола (33,3 против 14,3%), а выше нормы — для некурящих (14,3 против 0,0%).

Наличие отклонений в состоянии здоровья обследуемой когорты подтвердилось данными медицинской документации: абсолютно здоровы только 6,8% школьников, 58,6% имеют те или иные функциональные отклонения, 34,5% — страдают хроническими заболеваниями. В структуре функциональных отклонений и хронической патологии обследованных учащихся учреждений общего среднего образования лидирующие позиции занимают болезни глаза и его придатков (22,9%), нарушения опорно-двигательного аппарата (22,4%), патология ЛОР-органов (14,6%), врожденные пороки развития (7,8%), а также заболевания эндокринной системы и обменные нарушения (6,8%).

Среди студентов 24,0% имеют хронические заболевания. При анализе структуры заболеваемости выяснилось, что первые три ранговые места занимают по убывающей заболевания органов пищеварения (26,9%), патология со стороны органов дыхания (19,4%) и проблемы со стороны органов зрения (15,1%). Далее следуют заболевания опорно-двигательного аппарата (10,8%) и патология мочеполовой системы (6,5%). Нарушения со стороны эндокринной системы (4,3%), хронические заболевания кожи и слизистых оболочек (3,2%), отклонения со стороны сердечно-сосудистой системы (2,2%), хроническая патология нервной системы (2,2%) диагностировались достаточно редко.

В ходе исследования анализировалось состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма в связи с курением у студентов. Самым распространенным методом определения функционального состояния организма является измерение артериального давления и расчет пульсового давления (АДП). В обследованной нами когорте показатель АДП был изменен у 24,2% студентов. Данные изменения более характерны для юношей (40,0%), чем девушек (21,2%). При этом изменения АДП чаще наблюдались у курящих юношей, чем у некурящих (66,7 и 28,6% соответственно).

Удовлетворительные и плохие показатели пробы Генчи были выявлены у 20,9% студентов, при этом такие значения анализируемого показателя регистрировались у 35,3% курящих и 15,6% некурящих. В гендерном отношении отклонения в пробе Генчи имели только девушки, чаще это были курящие (42,9%), чем некурящие (18,4%).

**Заключение.** Большинство обследованных детей, подростков и студентов имеют низкий уровень культуры здоровья, выражающийся в широком распространении среди них поведенческих факторов риска и имеющихся нарушениях состояния здоровья. Выявленные тенденции формирования здоровья подрастающего поколения указывают на необходимость совершенствования среди данного контингента населения профилактической деятельности, направленной на выработку устойчивой мотивации сохранения собственного здоровья, отработку умений и навыков здоровьесберегающего поведения и в целом — содействие первичной профилактике неинфекционных заболеваний взрослого населения.

Своевременная диагностика потенциальных факторов риска и эффективное управление ими представляет собой не только основу сохранения здоровья подрастающего поколения, но также играет важную роль в определении физического и интеллектуального потенциала, трудовых ресурсов и демографической безопасности государства на перспективу.

#### Литература

1. Профилактика неинфекционных заболеваний и борьба с ними [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA64/A64\\_21-ru.pdf](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64/A64_21-ru.pdf). — Дата доступа: 30.03.2016.
2. Жарко, В.И. Об итогах работы органов и организаций здравоохранения Республики Беларусь в 2014 году и основных направлениях деятельности на 2015 год (доклад на итоговой коллегии Министерства здравоохранения 30 января 2015 г.) / В.И. Жарко // Вопр. орг. и информ. здравоохранения. — 2015. — № 1. — С. 4–16.
3. Гузик, Е.О. Медико-демографическая характеристика состояния здоровья детского населения Республики Беларусь / Е.О. Гузик, В.И. Жихарь // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохр. Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Г.Е. Косяченко. — Минск: РНМБ, 2013. — Вып. 23. — С. 113–119.
4. Баранов, А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. — М.: Науч. центр здоровья детей РАМН, 2008. — 216 с.
5. Гулицкая, Н.И. Состояние здоровья детей в Республике Беларусь / Н.И. Гулицкая, И.Н. Ломать // Вопр. орг. и информ. здравоохранения. — 2004. — № 4. — С. 13–17.
6. Юрьева, Л.Н. Компьютерная зависимость: формирование, диагностика, коррекция и профилактика / Л.Н. Юрьева, Т.Ю. Болот. — Днепропетровск: Пороги, 2006. — 196 с.
7. Инструкция по применению № 035-0607. Метод диагностики подверженности рискованному половому поведению и выявления групп риска ИППП: утв. М-вом здравоохр. Респ. Беларусь 11.04.2008. — Минск, 2008. — 9 с.

## HYGIENIC TRAINING AND EDUCATION OF THE YOUNGER GENERATION AS A MEANS OF PRIMARY PREVENTION OF MAJOR NON-COMMUNICABLE DISEASES POPULATION

*Soltan M.M., Borisova T.S., Boboc N.V.*

*Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus*

The population non-communicable diseases are among of the pressing problems of today. This publication presents the results of research which have been carried out by the department of hygiene of children and adolescents BSMU in primary disease prevention and health preservation, including 917 children, adolescents and young adults. The necessity of a comprehensive approach to the prevention of major non-communicable diseases of the population with a focus on building the skills of healthy lifestyle among the younger generation has been proved.

**Keywords:** primary prevention, non-communicable diseases, children, adolescents, youth, healthy life.

Поступила 18.07.2016

## ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕВУШЕК, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Тятенкова Н.Н., Уварова Ю.Е.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославль, Российская Федерация*

**Реферат.** Проведено антропометрическое обследование 894 девушек в возрасте от 18 до 24 лет. У ярославских девушек к 18 годам отмечено завершение ростовых процессов и стабилизация габаритных параметров. Оценка физического развития показала, что 73,3% имеют гармоничное развитие, в группу риска попадают 26,7% девушек с недостаточной или избыточной массой тела. Ожирение отмечено у 4,2% обследованных. Особенности физического развития ярославских девушек заключаются в том, что в исследуемой группе при стабильных средних значениях габаритных размеров тела с возрастом уменьшается доля лиц со средними значениями при увеличении доли девушек с дефицитом массы тела и ожирением.

**Ключевые слова:** девушки, молодежь, длина тела, масса тела, содержание жира, индекс массы тела, физическое развитие.

**Введение.** Объективным критерием здоровья населения является физическое развитие однородных групп людей, проживающих на конкретной территории, поэтому контроль физического развития молодежи — это важнейшая и неотъемлемая задача профилактической медицины. Уровень и гармоничность физического развития определяются не только индивидуально-типологическими характеристиками человека, но и в значительной мере зависят от экологического благополучия среды обитания.

В последнее время в связи с увеличивающейся техногенной нагрузкой на окружающую среду все более актуальным становится оценка здоровья людей, проживающих на урбанизированных территориях. Ярославль является крупным промышленным центром с высоким уровнем антропогенной нагрузки. Неблагоприятная экологическая обстановка, сложившаяся в регионе, представляет определенную угрозу для здоровья.

Социолого-политические исследователи условно делят молодежь на 3 возрастных категории: младшая — до 18 лет; средняя — 18–24 года и старшая — 25–29 лет [2]. Средняя молодежь интересна тем, что представляет собой период, когда заканчивается биологическое созревание и морфофункциональные показатели достигают своих дефинитивных размеров. Особое внимание заслуживает здоровье девушек, т. к. на женский организм возлагается задача вынашивания беременности и процесс родов.

Оценка и постоянное наблюдение за показателями физического развития у молодежи, проживающей в разных регионах России, необходимы для построения региональных нормативов [3]. Несмотря на значительное количество исследований по физическому развитию детей и подростков, до сих пор не разработаны региональные стандарты физического развития ярославской молодежи.

**Цель работы** — изучение показателей физического развития лиц женского пола в возрасте от 18 до 24 лет, проживающих на территории Ярославской области.

**Материалы и методы.** В обследовании приняли участие 894 девушки (таблица 1), постоянно проживающие на территории Ярославской области. В выборку включены лица, по возрасту относящиеся к средней молодежи. Измерения проводились по принципу добровольности после предварительно взятого информированного согласия.

Таблица 1. — Количественная характеристика объектов исследования

Возраст, годы	18	19	20	21	22	23	24	Всего
Количество, чел.	114	138	143	126	140	121	112	894

Длину тела (ДТ) измеряли при помощи ростомера. Для определения массы тела (МТ) и жировой массы (ЖМ) использовали анализатор состава тела ABC-01 «Медасс». Гармоничность физического развития оценивали по расчетному индексу массы тела (ИМТ):  $ИМТ = \text{вес (кг)} / \text{рост (м}^2\text{)}$ . Оценка значений ИМТ (балл): до 18,5 — дефицит МТ по отношению к росту; 18,5–24,9 — нормальная МТ; 25,0–29,9 — избыточная МТ; свыше 30 — ожирение разных степеней.

Результаты антропометрического обследования обработаны вариационно-статистическими методами и представлены как медиана (Me), 1 и 3 квартили (Q<sub>1</sub> и Q<sub>3</sub>), минимальное (min) и максимальное (max) значения. Выборки проверяли на нормальность по критерию Колмогорова–Смирнова. В случаях распределения, отличного от нормального, применялся непараметрический критерий Манна–Уитни. Для оценки физического развития испытуемых использовали центильный (непараметрический) метод. Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием программных продуктов Statistica 10 и Microsoft Excel 10.

**Результаты и их обсуждение.** Статистические показатели антропометрических признаков у девушек разных возрастов представлены в таблице 2. Полученные результаты в целом согласуются с данными литературы [1, 3], полученными при обследовании девушек Европейской части России. Расхождения в средних значениях длины тела ярославских девушек со сверстницами из других регионов не превышали 2,2%.

Таблица 2. — Показатели физического развития девушек

Показатели		Возраст, годы						
		18	19	20	21	22	23	24
Длина тела, см	Me	<b>164,0</b>	<b>165,0</b>	<b>167,0</b>	<b>166,0</b>	<b>165,0</b>	<b>166,0</b>	<b>165,5</b>
	Q <sub>1</sub>	160,0	161,0	162,0	160,3	161,0	162,0	161,0
	Q <sub>3</sub>	169,0	169,0	170,0	170,0	169,0	169,0	168,0
	min	146,0	151,5	149,0	152,0	153,0	152,0	149,0
	max	182,0	179,0	181,0	189,0	181,0	180,0	183,0
Масса тела, кг	Me	<b>58,6</b>	<b>57,3</b>	<b>58,2</b>	<b>57,0</b>	<b>57,4</b>	<b>56,6</b>	<b>58,4</b>
	Q <sub>1</sub>	52,4	52,5	52,6	51,8	51,6	52,3	53,2
	Q <sub>3</sub>	64,2	65,3	66,1	63,6	63,2	61,9	64,3
	min	42,0	43,5	37,1	40,6	37,1	41,4	37,1
	max	74,2	92,5	104,3	143,5	148,4	93,5	109,4
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	Me	<b>21,5</b>	<b>20,9</b>	<b>21,0</b>	<b>20,6</b>	<b>20,5</b>	<b>20,8</b>	<b>21,2</b>
	Q <sub>1</sub>	19,4	19,5	19,1	19,2	19,4	19,3	19,5
	Q <sub>3</sub>	23,4	23,1	23,0	22,9	23,1	22,5	23,8
	min	16,2	16,1	16,1	16,7	14,0	15,6	14,3
	max	29,0	35,3	37,9	47,4	49,0	33,1	35,4
Содержание жира, %	Me	<b>29,4</b>	<b>28,2</b>	<b>29,7</b>	<b>26,7</b>	<b>28,2</b>	<b>25,6</b>	<b>27,5</b>
	Q <sub>1</sub>	25,4	24,8	24,5	22,0	22,6	21,2	22,2
	Q <sub>3</sub>	32,8	33,5	34,1	32,3	32,8	32,5	32,5
	min	13,5	9,9	7,9	10,5	5,4	2,5	10,0
	max	44,7	56,3	54,2	54,4	80,0	45,0	51,8

Среднее значение длины тела девушек 18–24 лет составило  $165,5 \pm 6,06$  (M $\pm$  $\delta$ ). Оценка среднегрупповых значений тотальных размеров тела показала, что погодные отличия длины тела статистически недостоверны. Поскольку длина тела является универсальным отражением скорости ростовых процессов организма, можно утверждать, что к 18 годам ростовые процессы у ярославских девушек завершены. По данным литературы, рост в длину завершается у женщин в 16–17 лет [6].

Антропометрические показатели исследуемых лиц имеют значительные индивидуальные колебания. Распределение девушек по величине антропометрических признаков отражено в таблице 3.

Таблица 3. — Центильные величины длины и массы тела ярославских девушек 18–24 лет

Показатели	Центили						
	3	10	25	50	75	90	97
ДТ, см	155,0	158,0	161,0	165,0	169,0	174,0	177,0
МТ, кг	45,1	48,2	52,3	57,5	64,1	72,1	85,8

Средняя норма длины тела для ярославских девушек составила 161,0–169,0 см. Отклонением от нормы считается рост, значения которого ниже 3 и выше 97 центиля. В наблюдаемой выборке это девушки, имеющие рост ниже 155,0 и выше 177,0 см.

Среднее значение массы тела девушек 18–24 лет составило  $59,4 \pm 11,06$  (M $\pm$  $\delta$ ). Среднегрупповые значения массы тела у девушек разных возрастов достоверно не отличались. Средняя норма массы тела для ярославских девушек находится в пределах 52,3–64,1 кг. Отклонением от нормы принимается масса тела ниже 45,1 и выше 85,8 кг. В группу риска попадают лица, имеющие недостаточную (45,1–48,2 кг) и избыточную (72,1–85,8 кг) массу тела.

На основе метода биоэлектрического сопротивления был произведен анализ компонентного состава тела. Содержание жировой ткани у девушек разных возрастов менялось от 25,6 до 29,7% и в среднем составило 28,5%. По сравнению с девушками, проживающими в других регионах, для ярославских жительниц характерны более высокие значения данного показателя [5]. Анализ распределения девушек по содержанию жира свидетельствует о том, что с возрастом уменьшается доля девушек с нормальным уровнем жира при неуклонном росте лиц с недостаточным и избыточным его содержанием (рисунок 1). В целом по выборке 58,3% ярославских девушек 18–24 лет имеют нормальное содержание жира, в группу риска попадают лица с очень высоким (11,8%) и низким (16,1%) содержанием жира.

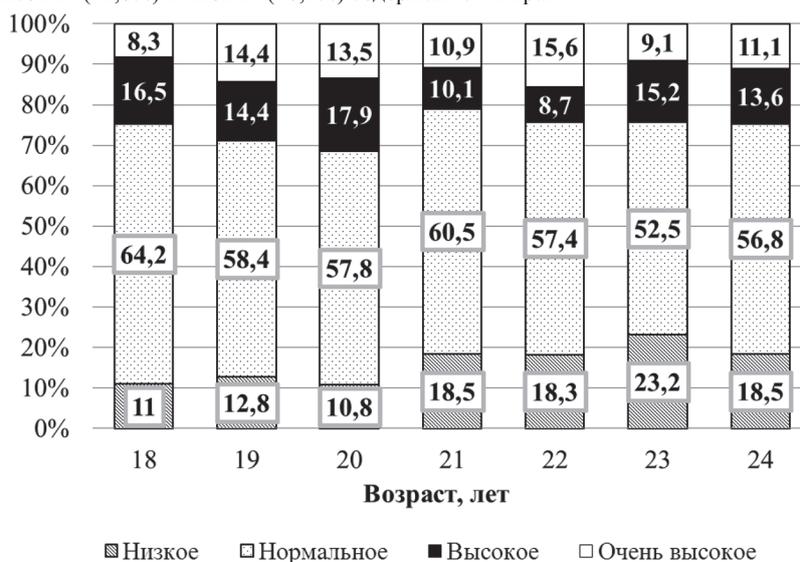


Рисунок 1. — Распределение девушек по содержанию общего жира (доля обследованных, %)

Оценку гармоничности физического развития проводили по величине ИМТ. Согласно полученным результатам количество девушек, имеющих нормальную массу тела по отношению к росту, т. е. гармонично развитых, с возрастом снижается с 78,1 до 72,3%. При этом увеличивается доля девушек с дефицитом, избытком массы тела и ожирением (рисунок 2). Согласно данным литературы [1], доля девушек с повышенной и избыточной массой тела в разных регионах России меняется от 4 до 18%. Среднее значения ИМТ без учета возраста составило  $21,7 \pm 3,85$  кг/м<sup>2</sup>. При этом во всей выборке у 73,3% девушек отмечено гармоничное физическое развитие, нарушение гармоничности за счет снижения массы тела по отношению к росту выявлено у 12,9%, избыточное — у 9,6% и ожирение разных степеней — у 4,2% обследованных. По данным литературы [4], при обследовании девушек г. Самары ожирение встречалось в 1,75%, дефицит массы тела в 20,18% случаях.

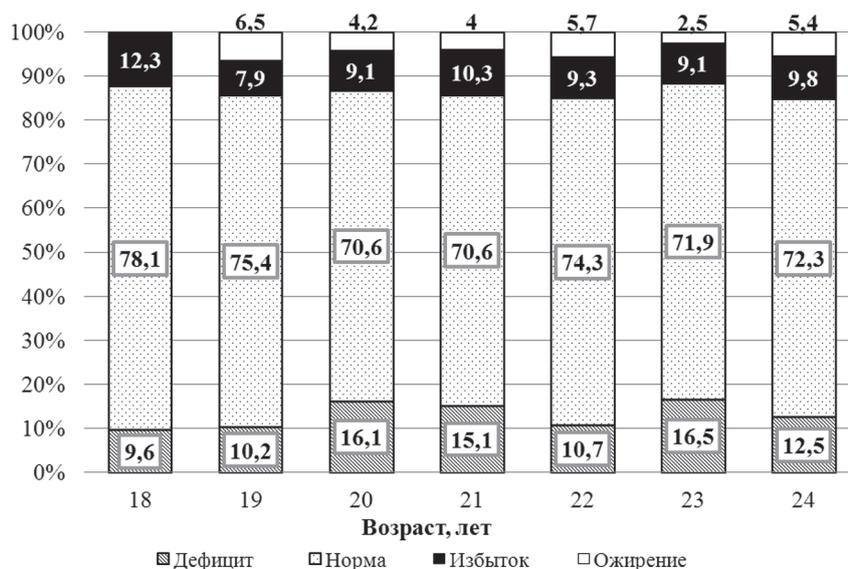


Рисунок 2. — Распределение девушек по величине индекса массы тела (доля обследованных, %)

**Заключение.** Оценка физического развития девушек 18–24 лет показала, что 73,3% имеют нормальное (гармоничное) развитие, в группу риска попадают 26,7%, имеющих недостаточную или избыточную массу тела (дисгармоничность развития), ожирение (резко дисгармоничное развитие) отмечено у 4,2% обследованных.

Особенности физического развития ярославских девушек заключаются в том, что в исследуемой группе при стабильных средних значениях габаритных размеров тела с возрастом уменьшается доля лиц со средними значениями при увеличении доли девушек с крайними значениями признаков.

Полученные результаты дополняют имеющиеся данные о закономерностях роста и развития жителей России и могут быть использованы при разработке профилактических мероприятий.

#### Литература

1. Калмин, О.В. Сравнительная характеристика уровня физического развития юношей и девушек Краснодарского края по данным антропометрического исследования / О.В. Калмин, Ю.С. Афанасиевская, А.В. Самогуга // Астрахан. мед. журн. — 2009. — № 2. — С. 6–16.
2. Киричек, А.И. Исследовательские социолого-политологические подходы к молодежной проблематике [Электронный ресурс] / NV: Проблемы общества и политики: журнал. — Режим доступа: [http://e-notabene.ru/pr/article\\_22.htm](http://e-notabene.ru/pr/article_22.htm). — Дата доступа: 11.07.2016.
3. Колокольцев, М.М. Сравнительная характеристика уровня физического развития студенческой молодежи юношеского возраста Иркутской области / М.М. Колокольцев, В.Ю. Лебединский // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2012. — № 6 (88). — С. 47–54.
4. Кретова, И.Г. Соматометрические показатели физического развития юношей и девушек 16–22 лет г. Самары: региональные особенности / И.Г. Кретова, О.И. Ширяева, О.И. Беляева // Фундамент. исследования. — 2014. — № 8. — С. 1090–1094.
5. Лумпова, О.М. Антропометрическая и индексная оценки показателей физического развития девушек юношеского возраста Прибайкалья / О.М. Лумпова, М.М. Колокольцев, В.Ю. Лебединский // Сибир. мед. журн. — 2011. — № 5. — С. 98–101.
6. Никитюк, Б.А. Морфология человека: учеб. пособие / Под ред. Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова. — 2-е изд., перераб., доп. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 344 с.

## CHARACTERISTICS OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF GIRLS LIVING IN THE YAROSLAVL REGION

*Tyatenkova N.N., Uvarova J.E.*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "P.G. Demidov Yaroslavl State University", Yaroslavl, Russia*

The anthropometric survey of 894 girls age 18 to 24 has been conducted. The growth processes and stabilization of overall parameters in Yaroslavl girls were completed by 18 years. The assessment of physical development showed that 73.3% of girls had harmonious development, 26.7% had deficit or excess weight and were in risk group, 4.2% had obesity. The peculiarities of physical development of Yaroslavl girls is that, with the age increase the percent of girls with normal BMI declines and the percent of underweight and obese girls increases, while average values of overall dimensions remain constant.

**Keywords:** girls, youth, body length, body mass, fat compound, BMI, physical development.

Работа выполнена при поддержке проекта № 544 в рамках базовой части государственного задания на НИР Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова.

Поступила 19.07.2016

### БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И БЕЗВРЕДНОСТЬ КАШ БЫСТРОРАСТВОРИМЫХ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОЦЕНКИ НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Бондарук А.М., Свинтилова Т.Н., Журихина Л.Н., Долгина Н.А., Цыганков В.Г.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** С использованием метода экспресс-оценки биологической ценности и безвредности специализированной пищевой продукции для детского питания проведена биологическая оценка на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* четырех образцов каш детских быстрорастворимых.

Разработанный метод позволяет изучить безвредность и биологическую ценность детского питания на зерновой основе с учетом суточного потребления данной продукции детьми в возрасте до 1 года, а также провести сравнительную оценку продукции различных производителей.

**Ключевые слова:** каша гречневая безмолочная быстрорастворимая низкоаллергенная, каша овсяная молочная быстрорастворимая, биологическая ценность, безвредность, методы оценки, *Tetrahymena pyriformis*.

**Введение.** Зерновые продукты — основа питания человека. Наиболее распространенными продуктами детского питания на зерновой основе являются каши, которые вводятся в рацион детей первого года жизни. Зерновые продукты являются источником растительного белка, углеводов, витаминов группы В и минеральных солей.

Интенсификация сельскохозяйственного производства, внедрение новых технологий хранения и переработки зерна обуславливают необходимость оценки качества зерна и пищевой продукции на его основе. Наиболее объективным критерием пищевой ценности и безвредности продуктов является живой организм.

Одно из преимуществ инфузорий *Tetrahymena pyriformis* как объекта биотестирования состоит в том, что она может быть использована для одновременного определения как безвредности, так и биологической ценности пищевой продукции [1].

**Цель работы** — оценка на *Tetrahymena pyriformis* (далее — *T. pyriformis*) биологической ценности и безвредности каш сухих быстрорастворимых для питания детей первого года жизни.

**Материалы и методы.** Объектами исследования являлись каши сухие быстрорастворимые для детского питания (моментального приготовления):

- каша гречневая безмолочная низкоаллергенная быстрорастворимая, производитель Республика Беларусь. Рекомендуются детям с 4 мес. Способ приготовления каши: 180 мл воды + 25 г каши. Состав: мука гречневая, мальтодекстрин, минеральные вещества: кальция лактат, железа глюконат, йодид калия, витамины: аскорбиновая кислота, никотинамид, токоферол ацетат, ретинола пальмитат, тиамина гидрохлорид, рибофлавин;

- каша гречневая безмолочная низкоаллергенная быстрорастворимая, производитель Российская Федерация. Рекомендуются детям с 4 мес. Способ приготовления каши: 175 мл воды + 25 г каши. Состав: мука гречневая, витамины (С, Е, РР, пантотеновая кислота, В<sub>6</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, А, фолиевая кислота, Д<sub>3</sub>, биотин, В<sub>12</sub>), минеральные вещества (железо, цинк, йод);

- каша овсяная молочная быстрорастворимая, производитель Республика Беларусь. Рекомендуются детям с 5 мес. Способ приготовления каши: 160 мл воды + 35 г каши. Состав: молоко коровье нормализованное, мука овсяная, масло кукурузное, сахар, минеральные вещества: кальция лактат, железа глюконат, йодид калия, витамины: аскорбиновая кислота, ниацин, токоферол ацетат, ретинола пальмитат, тиамина гидрохлорид, рибофлавин;

- каша овсяная молочная быстрорастворимая, производитель Российская Федерация. Рекомендуются детям с 5 мес. Способ приготовления каши: 165 мл воды + 35 г каши. Состав: мука овсяная, сухое цельное молоко, сахар, сливки сухие, витамины (С, Е, РР, пантотеновая кислота, В<sub>6</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, А, фолиевая кислота, Д<sub>3</sub>, биотин, В<sub>12</sub>), минеральные вещества (железо, цинк, йод).

Рассчитано содержание каш для детского питания в среде культивирования *T. pyriformis* с учетом суточного потребления данной продукции детьми первого года жизни; рекомендаций по приготовлению продукта, приведенным на этикетке; фактической пищевой ценности каш, используя коэффициент экстраполяции для детей 4 и 5 мес. (4000 и 4500) [2, 3].

Содержание каш гречневых безмолочных в среде культивирования *T. pyriformis* в концентрации 6,25 мг/мл в экстраполяции на человека соответствует суточному потреблению данного продукта детьми в возрасте 4 мес. Концентрации 12,5; 25; 50 мг/мл, обеспечивающие содержание белка в среде культивирования *T. pyriformis* 1; 2; 4 мг/мл, необходимы для определения биологической ценности продукта. Содержание каш овсяных молочных в концентрациях 30,0; 15,0; 7,5 мг/мл обеспечивает содержание белка в среде культивирования *T. pyriformis* 1; 2; 4 мг/мл и в экстраполяции на человека соответствует суточному потреблению данного продукта детьми в возрасте 5 мес. (7,5 мг/мл) (таблица 1).

Исследуемый продукт являлся единственным источником пищевых веществ в среде культивирования *T. pyriformis*.

Стандартными средами культивирования при определении биологической ценности являлись питательные среды следующего состава:

- стандарт № 1 — полноценный белок (казеин), глюкоза, дрожжевой экстракт (источник натуральных витаминов), солевая смесь (для безмолочных каш);

- стандарт № 2 — полноценный белок (копреципитат), глюкоза, витамины, солевая смесь (для молочных каш).

Подготовка проб к анализу осуществлялась с соблюдением правил асептики.

Безвредность каш быстрорастворимых для детского питания исследовали на протяжении жизненного цикла популяции *T. pyriformis*. Осуществляли визуальный анализ состояния одноклеточных организмов, графический анализ кривой роста популяции и математический анализ основных показателей ее жизнедеятельности (константа мгновенной скорости роста, время генерации, число поколений, численность популяции), культивируемой в среде, содержащей исследуемые образцы продуктов, определяли биотический потенциал (БП) популяции (показатель, характеризующий внутреннюю потенциальную способность популяции к росту).

Биологическую ценность каш быстрорастворимых для детского питания оценивали по отношению к стандартной среде культивирования. Определяли показатели: коэффициент эффективности белка (КЭБ), стандартизованная относитель-

ная биологическая ценность (СОБЦ) по отношению к стандартному белку в %. Учитывались результаты определения скорости роста, биотического потенциала, численности популяции *T. pyriformis* на всех этапах жизненного цикла. При расчете показателей биологической ценности каш принималось во внимание отсутствие каких-либо вредных воздействий продукта на *T. pyriformis*.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически с определением средней арифметической каждого вариационного ряда, среднеквадратичного отклонения, стандартной ошибки, коэффициента вариации и критерия Стьюдента. При уровне значимости менее 0,05 различия средних арифметических показателей безвредности и биологической ценности считаются статистически достоверными [4].

Таблица 1. — Состав среды культивирования *T. pyriformis* на основе каш быстрорастворимых для детского питания

Концентрация гомогената, мг/мл	Белки, мг/мл	Жиры, мг/мл	Углеводы, мг/мл	Энергетическая ценность, кал/мл
Каша гречневая безмолочная производства РБ				
50,0	4,00	0,50	39,50	179,50
25,0	2,00	0,25	19,75	89,75
12,5	1,00	0,13	9,88	44,88
6,25	0,50	0,06	4,94	22,44
Каша гречневая безмолочная производства РФ				
50,0	4,00	0,50	39,50	178,50
25,0	2,00	0,25	19,75	89,25
12,5	1,00	0,13	9,88	44,63
6,25	0,50	0,06	4,94	22,31
Каша овсяная молочная производства РБ				
30,0	4,00	3,00	18,90	119,40
15,0	2,00	1,50	9,45	59,70
7,5	1,00	0,75	4,73	29,90
Каша овсяная молочная производства РФ				
30,0	4,00	3,00	20,40	124,50
15,0	2,00	1,50	10,20	62,30
7,5	1,00	0,75	5,10	31,10

**Результаты и их обсуждение.** *Результаты биологической оценки каш гречневых безмолочных для детского питания*

Визуальный анализ состояния популяции *T. pyriformis*, произрастающей в средах культивирования на основе исследованных каш гречневых безмолочных быстрорастворимых, не выявил заметных различий у данных популяций, а также каких-либо морфологических и функциональных нарушений у отдельных особей. Инфузории имели нормальный характер движения. Гибели организмов на протяжении жизненного цикла популяции не наблюдалось.

Анализ показателей жизнедеятельности популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе каш гречневых безмолочных, показал, что в среде на основе каши производства России с содержанием гомогената 6,25 мг/мл в лаг-фазе отмечалось увеличение скорости роста популяции, уменьшение времени генерации и, как следствие, увеличение числа сменившихся поколений. Численность популяции в среде на основе данной каши увеличилась на 25% по отношению к численности в среде на основе каши производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ). В среде культивирования концентрации 50 мг/мл наблюдалась, наоборот, стимуляция роста популяции на 23% в среде, содержащей кашу производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ) (рисунок 1).

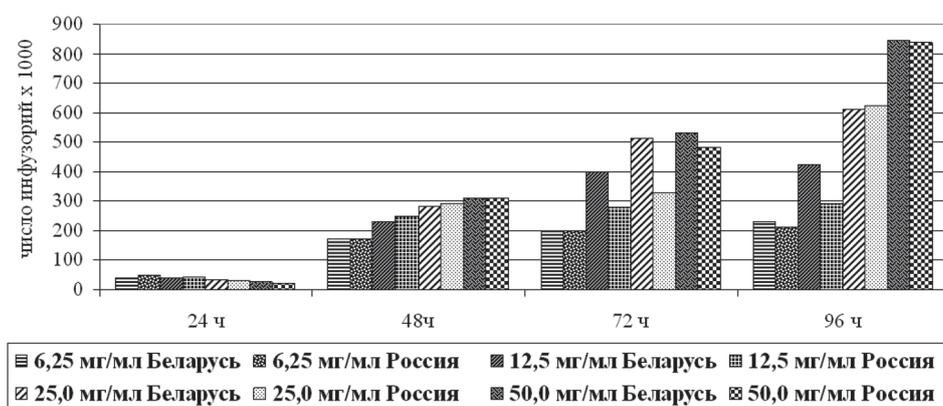


Рисунок 1. — Динамика роста популяции *T. pyriformis* в среде культивирования на основе каш гречневых безмолочных быстрорастворимых для детского питания производства Республики Беларусь и Российской Федерации

В логарифмической фазе роста не выявлено статистически значимых различий ( $p < 0,05$ ) в показателях жизнедеятельности популяции в средах на основе двух исследованных образцов каш (рисунок 1).

Через 72 ч инкубации численность популяции в среде на основе каши производства России снизилась по отношению к ее численности в среде на основе каши производства Республики Беларусь на 30% в среде концентрации 12,5 мг/мл, на 36% — в среде концентрации 25 мг/мл и на 10% — в концентрации 50 мг/мл ( $p < 0,05$ ). После 96-часовой экспозиции в среде культивирования на основе каши производства Республики Беларусь с содержанием гомогената 12,5 мг/мл численность популяции была выше на 45% по сравнению с кашей производства России ( $p < 0,05$ ). На остальных концентрациях статистически значимых различий в показателях жизнедеятельности популяции в средах на основе двух каш не выявлено (рисунок 1).

Биотический потенциал популяции в среде, содержащей гречневую кашу производства России в концентрации 6,25 мг/мл, на этапе 24 ч увеличился на 27% по отношению к биотическому потенциалу популяции, культивировавшейся в среде на основе гречневой каши производства Республики Беларусь. В концентрации 12,5 мг/мл биотический потенциал популяции в среде, содержащей кашу производства России, на этапах жизненного цикла 72–96 ч составил 70 и 69% соответственно от биотического потенциала популяции, культивировавшейся в среде той же концентрации на основе каши производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ). Статистически достоверное снижение биотического потенциала популяции в среде на основе каши производства России наблюдалось также на концентрациях 25 и 50 мг/мл через 24 (89 и 82% соответственно) и через 72 ч (64 и 91% соответственно) относительно этого показателя в среде, содержащей кашу производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ) (таблица 2).

Таблица 2. — Биотический потенциал (БП) *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе каш гречневых безмолочных для детского питания

Гомогенат (белок), мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	24	24	24
Каша гречневая безмолочная производства РБ				
6,25 (0,5)	0,83±0,041	1,82±0,074	1,38±0,035	1,19±0,055
12,5 (1)	0,82±0,052	2,41±0,055	2,77±0,020	2,21±0,024
25 (2)	0,74±0,006	2,94±0,084	3,56±0,029	3,19±0,072
50 (4)	0,56±0,017	3,22±0,066	3,68±0,006	4,41±0,061
Каша гречневая безмолочная производства РФ				
6,25 (0,5)	1,05±0,049*	1,81±0,073	1,38±0,065	1,11±0,043
12,5 (1)	0,90±0,034	2,58±0,050	1,93±0,051*	1,53±0,084*
25 (2)	0,66±0,006*	3,05±0,074	2,28±0,018*	3,26±0,012
50 (4)	0,46±0,012*	3,25±0,091	3,35±0,009*	4,35±0,006
Каша производства РФ в % к каше производства РБ				
6,25 (0,5)	127	99	100	93
12,5 (1)	110	107	70	69
25 (2)	89	104	64	102
50 (4)	82	101	91	99

Примечание — \* — статистически достоверные (при уровне значимости  $< 0,05$ ) изменения БП *T. pyriformis* в среде на основе каши производства РБ по отношению к каше производства РФ.

При расчете показателей биологической ценности каш гречневых безмолочных быстрорастворимых для детского питания учитывались результаты определения скорости роста, биотического потенциала, численности популяции *T. pyriformis* на этапах жизненного цикла. Показатели стандартизированной относительной биологической ценности рассчитывались и оценивались по отношению к стандарту № 1 (таблица 3).

Таблица 3. — Биологическая ценность каш гречневых безмолочных для детского питания по результатам оценки на *T. pyriformis*

Образец	КЭБ	СОБЦ
Стандарт № 1	2,18±0,095	100±4,5
Каша производства РБ	2,12±0,029	86±1,2*
Каша производства РФ	2,09±0,004	85±0*

Примечание — \* — статистически достоверные изменения (при уровне значимости менее 0,05) показателей биологической ценности каши по отношению к Стандарту.

Коэффициент эффективности белка (КЭБ) в средах, содержащих исследованные каши, не имел статистически значимых различий как относительно стандарта, так и двух каш относительно друг друга. Биологическая ценность каши производства Республики Беларусь была ниже по сравнению со стандартом на 14 %, каши производства России — на 15% ( $p < 0,05$ ), различий биологической ценности двух каш относительно друг друга не наблюдалось (таблица 3).

### Результаты биологической оценки каш овсяных молочных для детского питания

Визуальный анализ состояния популяции *T. pyriformis*, произраставшей в среде культивирования, содержащей каши овсяные молочные быстрорастворимые для детского питания, не выявил каких-либо морфологических и функциональных нарушений у отдельных особей. Однако в среде культивирования на основе каши производства Республики Беларусь инфузории были более крупными, чем в среде культивирования на основе каши производства России. Гибели организмов на протяжении жизненного цикла популяции не наблюдалось.

Анализ показателей жизнедеятельности популяции *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе каш овсяных молочных, показал, что скорость роста, время генерации, число поколений изменялись соответственно прохождению популяцией стадий жизненного цикла и концентрации каши в среде культивирования. В лаг-фазе в среде на основе каши производства Республики Беларусь концентраций 7,5 и 15 мг/мл отмечалось стимулирование жизненного потенциала популяции относительно каши производства России, численность популяции увеличилась на 60 и 15% соответственно ( $p < 0,05$ ). При содержании гомогената в концентрации 30 мг/мл не выявлено статистически значимых различий ( $p < 0,05$ ) в показателях жизнедеятельности популяции в средах на основе двух исследованных образцов каш (рисунок 2).

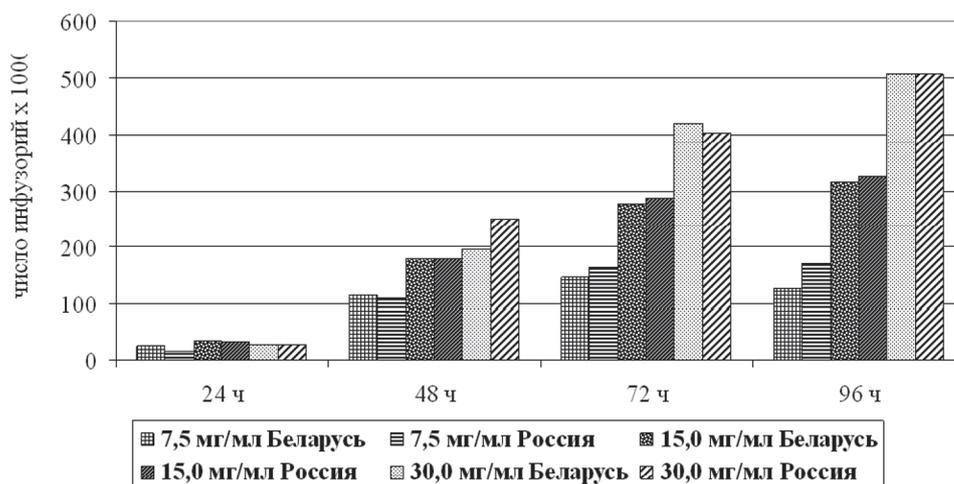


Рисунок 2. — Динамика роста популяции *T. pyriformis* в среде культивирования на основе каш овсяных молочных быстрорастворимых для детского питания производства Республики Беларусь и Российской Федерации

В логарифмической фазе роста не выявлено статистически значимых различий показателей жизнедеятельности двух популяций в концентрациях 7,5 и 15 мг/мл. При содержании гомогената в концентрации 30 мг/мл наблюдается стимуляция роста популяции тест-объекта в среде на основе каши производства России на 28 % относительно каши производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ) (рисунок 2).

Через 72 ч инкубации статистически значимых различий в показателях жизнедеятельности популяции в средах на основе двух исследованных каш не выявлено на всех концентрациях. После 96-часовой экспозиции при содержании каш 7,5 мг/мл в среде культивирования на каши производства России численность популяции была выше на 35% по сравнению с кашей производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ). На остальных концентрациях статистически значимых различий в показателях жизнедеятельности популяции в средах на основе двух каш не наблюдалось (рисунок 2).

Биотический потенциал популяции в среде, содержащей кашу овсяную молочную быстрорастворимую производства России, через 24 ч инкубации составлял 61% в концентрации 7,5 мг/мл и 89% — в концентрации 15 мг/мл от биотического потенциала популяции, культивировавшейся в среде на основе каши производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ). Далее этот показатель увеличился и через 48 ч превышал биотический потенциал в среде на основе каши производства Республики Беларусь на 29% в концентрации 30 мг/мл ( $p < 0,05$ ). Статистически достоверное увеличение БП популяции в среде на основе каши производства России наблюдалось также на концентрации 7,5 мг/мл через 96 ч инкубации. Он составлял 136% относительно этого показателя в среде, содержащей кашу производства Республики Беларусь ( $p < 0,05$ ) (таблица 4).

При расчете показателей биологической ценности каш овсяных молочных быстрорастворимых для детского питания учитывались результаты определения скорости роста, биотического потенциала, численности популяции *T. pyriformis* на этапах жизненного цикла. Показатели стандартизованной относительной биологической ценности рассчитывались при содержании белка в среде культивирования 4 мг/мл через 72 ч инкубации и оценивались по отношению к стандарту № 2 (таблица 5).

Значения коэффициента эффективности белка и стандартизованной относительной биологической ценности (СОБЦ) в средах, содержащих исследованные каши, не имели статистически значимых различий как относительно стандарта, так и двух каш относительно друг друга.

Таблица 4. — Биотический потенциал (БП) *T. pyriformis*, культивировавшейся в среде на основе каш овсяных молочных для детского питания

Гомогенат (белок), мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Каша производства РБ				
7,5 (1)	0,51±0,017	1,20±0,006	1,01±0,072	0,66±0,044
15 (2)	0,74±0,017	1,87±0,055	1,93±0,040	1,64±0,043
30 (4)	0,55±0,007	2,03±0,029	2,91±0,104	2,68±0,054
Каша производства РФ				
7,5 (1)	0,31±0,012*	1,15±0,038	1,14±0,037	0,90±0,001*
15 (2)	0,65±0,026*	1,87±0,120	1,99±0,027	1,69±0,046
30 (4)	0,55±0,027	2,61±0,096*	2,79±0,233	2,64±0,028
Каша производства РФ в % к каше производства РБ				
7,5 (1)	61	96	113	136
15 (2)	89	100	103	103
30 (4)	100	129	96	99

Примечание — \* — статистически достоверные (при уровне значимости <0,05) изменения БП *T. pyriformis* в среде на основе каши производства РБ по отношению к каше производства РФ.

Таблица 5. — Биологическая ценность каш овсяных молочных для детского питания по результатам оценки на *T. pyriformis*

Образец	КЭБ	СОБЦ
Стандарт № 2	1,09±0,009	100±0,4
Каша производства Республики Беларусь	1,05±0,062	96±5,9
Каша производства Российской Федерации	1,01±0,083	92±7,6

Примечание — \* — статистически достоверные изменения (при уровне значимости менее 0,05) показателей биологической ценности каши по отношению к Стандарту.

**Заключение.** Разработан и апробирован экспресс-метод биологической оценки на *T. pyriformis* детского питания на зерновой основе, учитывающий суточное потребление данной продукции детьми первого года жизни.

Определены стандартные среды сравнения для расчета биологической ценности детского питания на зерновой основе, ими являлись питательные среды, содержащие полноценный белок (казеин, копреципитат), глюкозу, дрожжевой экстракт или витамины, солевую смесь.

Разработанный метод позволяет изучить безвредность и биологическую ценность детского питания на зерновой основе, провести сравнительную оценку детского питания на основе различных видов сырья, а также различных производителей.

#### Литература

1. Богдан, А.С. Методические подходы к оценке на *Tetrahymena pyriformis* биологической ценности и безвредности пищевой продукции / А.С. Богдан, А.М. Бондарук, В.Г. Цыганков // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Г.Е. Косяченко. — Минск: РНМБ, 2013. — Вып. 22. — С. 247–251.
2. Богдан, А.С. Экстраполяция результатов оценки биологически активных веществ на *Tetrahymena pyriformis* на теплокровных животных и человека / А.С. Богдан // Актуальные проблемы научного обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и пути их реализации: сб. ст. — Минск, 2000. — С. 106–107.
3. Экспресс-методы оценки биологической ценности и безвредности пищевой продукции на *Tetrahymena pyriformis*: инструкция по применению: утв. 21.03.2016, № 035-1215 / М-во здравоохран. Респ. Беларусь; авт.-сост. А.М. Бондарук [и др.]. — Минск, 2016. — 26 с.
4. Прозоровский, В.Б. Статистическая обработка результатов фармакологических исследований / В.Б. Прозоровский // Психофармакология. Биол. наркологию. — 2007. — Т. 7, № 3/4. — С. 2000–2120.

### BIOLOGICAL VALUE AND HARMLESSNESS OF INSTANT PORRIDGES FOR BABY FOOD ACCORDING TO THE RESULTS OF ASSESSMENT ON *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

*Bondaruk A.M., Svintilova T.N., Zhurikhina L.N., Dolgina N.A., Tsygankov V.G.*  
*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

Biological assessment of four samples of instant child porridges has been performed using the method of rapid assessment of biological value and harmless of specialized food products for baby food on infusorians *Tetrahymena pyriformis*.

The developed method allows to determine the biological value and harmless of cereal-based baby food considering the daily consumption of these products by the children under the age of one year and conduct a comparative assessment of products of different producers.

**Keywords:** milk-free instant low-allergenic buckwheat porridge, milk instant oat porridge, biological value, harmless, methods of assessment, *Tetrahymena pyriformis*.

Поступила 22.06.2016

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТАМИНАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ

Долгина Н.А., Федоренко Е.В., Бондарук А.М., Бельшева Л.Л., Цемборевич Н.В., Кедрова И.И., Журихина Л.Н., Лихошва О.Н., Дурманова С.А., Славинский А.В., Богуцкая Е.В.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Пищевая продукция является одним из основных источников поступления в организм человека химических веществ, некоторые из которых обладают канцерогенными свойствами. Полиароматические углеводороды (ПАУ) относятся к соединениям, которые образуются в пищевой продукции в процессе ее переработки. Указанные вещества оказывают неблагоприятное влияние на здоровье (воздействуют на иммунную и репродуктивную системы, оказывают канцерогенное и мутагенное действие). В результате изучения уровня контаминации пищевой продукции бенз(а)пиреном (БП) установлено ее соответствие принятым гигиеническим нормативам, при этом частота выявления указанного вещества составила от 20,8 до 100%, медиана содержания не превышала 0,15 мкг/кг. Для разработки обоснованных мер по снижению риска здоровью, ассоциированного с наличием указанных соединений в пищевой продукции, необходимо дальнейшее изучение содержания БП и иных ПАУ.

**Ключевые слова:** пищевая продукция, полиароматические углеводороды, бенз(а)пирен, контаминация.

**Введение.** Обеспечение безопасности пищевой продукции во всех странах мира является актуальной задачей XXI в. В настоящее время определению уровней экспозиции химических контаминантов, поступающих с продуктами питания, на население, посвящено большое количество научных работ во многих странах. Последние годы ситуация с химической контаминацией пищевых продуктов в Республике Беларусь является достаточно благополучной, поскольку количество проб с превышением гигиенических нормативов неизменно мало. Несмотря на соответствие пищевой продукции гигиеническим нормативам, возможно значительное поступление в организм человека некоторых токсичных веществ в составе рационов как у отдельных индивидуумов, так и групп населения. Это связано с различиями в уровнях контаминации разных групп продукции и вариативностью уровней потребления ряда пищевых продуктов и объемов рационов в целом. Поэтому необходимо проводить ранжирование контаминантов в зависимости от риска для здоровья [1].

Особого внимания при оценке безопасности пищевой продукции заслуживают вещества, образующиеся в результате некоторых процессов переработки и обладающие канцерогенными свойствами, в т. ч. ПАУ могут синтезироваться некоторыми бактериями, водорослями и высшими растениями, малорастворимы в воде, но обладают высокой способностью к сорбции на глинах и других донных осадках, что ведет к появлению в водной среде более высоких концентраций, чем те, которые возможны на основании представлений о растворимости. При воздействии солнечного света с достаточной энергией ультрафиолетового излучения ПАУ подвергаются в водной среде фотолизу. Гигиенически значимые количества ПАУ образуются в процессе неполного сгорания или пиролиза органических веществ, а также в результате различных промышленных процессов, связанных со сжиганием и переработкой органического сырья: нефтепродуктов, угля, древесины, мусора, пиши, табака и др. Некоторые ПАУ, в т. ч. и БП, относятся к 1-й группе канцерогенных веществ для человека согласно классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР). ПАУ могут загрязнять пищевые продукты во время промышленного копчения, процессов нагревания и сушки, которые позволяют продуктам горения вступать в непосредственный контакт с пищей [2], ПАУ образуются в результате использования некоторых методов домашнего приготовления пищевых продуктов, таких как использование гриля, жарка и копчение. Высокие концентрации ПАУ обнаруживаются в угле, на котором были приготовлены мясо и рыба. Большое количество данных веществ содержится в кофе, т. к. образуются во время стадии сушки или обжаривания зеленых кофейных зерен [2].

ПАУ представляют собой обширный класс органических соединений, которые состоят из двух или более конденсированных ароматических колец. Помимо незамещенных ПАУ, существует 19 конгенов ПАУ, содержащих различные функциональные группы в кольце или в боковой цепи (нитро-, amino-, сульфопроизводные, спирты, альдегиды, эфиры, кетоны и др.). Все соединения имеют углубление в структуре молекулы, характерное для многих канцерогенных веществ (СОНТАМ Panel) отдельные соединения были сгруппированы на основании данных, свидетельствующих об их выявлении выше предела обнаружения. К группе ПАУ<sub>2</sub> были отнесены хризен и бенз(а)пирен; к ПАУ<sub>4</sub> — бенз(а)пирен, хризен, бенз(а)антрацен и бенз(б)флуорантен; к ПАУ<sub>8</sub> — бенз(а)пирен, бенз(а)антрацен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(г, h, i)периллен, хризен, дибенз(ah)антрацен и индено(1,2,3-cd)пирен [3]. Учитывая присутствие различных ПАУ в пищевой продукции, было предложено использовать не только БП, но и иные соединения в качестве индикаторов загрязнения образцов обсуждаемыми веществами.

В последние годы определению уровня алиментарной экспозиции населения ПАУ уделяется все большее внимание. Отмечается, что основной вклад в поступление ПАУ с пищей вносят продукты, изготовленные из зерновых культур, мяса и мясных продуктов, рыбы.

ПАУ обладают различными негативными эффектами на здоровье: оказывают воздействие на иммунную систему и репродуктивные функции, а также канцерогенное и мутагенное действие. В 2005 г. экспериментально установлено, что максимальная доза БП, которая в течение длительного периода воздействия не оказывала влияния на репродуктивную функцию мышей, составила 3 мг/кг массы тела в день. Снижение фертильности наблюдалось у потомства самок мышей, получавших БП в дозах менее 10 мг/кг массы тела в день. Признаки репродуктивной токсичности также наблюдались у мышей восприимчивого генотипа при введении 120 мг БП/кг массы тела в день [4].

Воздействия ПАУ на иммунную систему изучены при парентеральном пути поступления обсуждаемых веществ. Было доказано, что ПАУ оказывают воздействие на иммунную систему через рецептор арил-углеводородов. Установлено, что фермент цитохром 1A1 может защитить от иммунотоксичных эффектов БП. Максимальная доза, которая в течение длительного периода воздействия не оказывала иммуносупрессивных эффектов на организм мышей, составила 3 мг/кг массы тела в день.

Канцерогенное действие ПАУ оценено в большом количестве исследований, которые свидетельствуют, что локализация опухоли связана с путем поступления обсуждаемых веществ в организм. При алиментарном пути поступления БП вы-

зывал опухоли желудочно-кишечного тракта, печени, легких и молочных желез. В экспериментах на мышах, проведенных в 1998 г. Culp с соавторами [2], доказано, что БП индуцирует только опухоли желудочно-кишечного тракта, в то время как смеси каменноугольной смолы вызывают также опухоли печени и легких. Помимо указанных локализаций, БП приводит к образованию саркомы мягких тканей (кожи, молочной железы), а также новообразований слухового канала, полости рта, тонкой кишки и почек. Общая численность животных-опухоленосителей в различных группах составила: для женских особей — 8/52, 20/52, 47/52, 51/52 (количество животных с опухолями/общее количество животных соответственно) и 6/52, 16/52, 51/52, 52/52 — для мужских особей при дозе 0; 3; 10 или 30 мг/кг массы тела в сут соответственно [2].

На основании исследований (2005) были доказаны мутагенные эффекты 15 ПАУ. К ним были отнесены: бенз[а]антрацен, бенз[а]пирен, бенз[б]флюорантена, бенз[g,h,i]перилен, бенз[j]флюорантена, бенз[k]флюорантена, хризен, циклопента[cd]пирен, дибенз[a,h]антрацен, дибенз[a,e]пирен, дибенз[a,h]пирен, дибенз[a,i]пирен, дибенз[a,l]пирен, индено[1,2,3-cd]пирен и 5-метилхризен. Происходило связывание активных метаболитов ПАУ с ДНК, преимущественно с аминогруппами гуанина и аденина. Данное образование рассматривается как один из первых этапов в канцерогенности мутагенных ПАУ. Есть количественная взаимосвязь между образовавшимися соединениями и ростом опухоли. Минимальная доза, которая вызывала мутации генов и, соответственно, структурно-функциональные нарушения у потомства мышей составила 1,2 мг БП/кг массы тела в день. Воздействие ПАУ на организм мышей приводило к появлению хромосомных аберраций у потомства и вызывало мутации генов [5].

**Цель исследования** — гигиеническая оценка уровней контаминации БП в различных видах пищевой продукции.

**Материалы и методы.** Были изучены уровни контаминации БП в следующих группах пищевой продукции: приправы, пищевые добавки, ароматизаторы, копченые мясопродукты и сыры, масложировая продукция, зерно, копченая рыбная продукция, продукты для питания детей раннего возраста. Всего было проанализировано более 250 результатов исследований, проведенных за 2010–2016 гг. Количественное определение БП проводилось согласно СТБ ГОСТ Р 51650-2001 «Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии после его экстракции гексаном из продукта, предварительно обработанного спиртовым раствором едкого калия, выделении фракции полициклических ароматических углеводородов, содержащей бенз(а)пирен, очистке полученной фракции от мешающих примесей на колонке с сефадексом. Нижний предел обнаружения метода составляет 0,1 мкг/кг. Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием Statistica 8.0. Был изучен характер распределения данных в выборке для определения вида среднего значения, которое будет использовано в дальнейшем анализе. В качестве критерия использовался W-критерий Шапиро–Уилка.

**Результаты и их обсуждение.** Характеристика уровней контаминации БП различных видов пищевой продукции представлена в таблице.

Таблица — Характеристика уровней контаминации БП различных видов пищевой продукции, мкг/кг

Вид пищевой продукции	Количество исследованных образцов	Количество образцов ниже предела обнаружения, %	Минимум	Максимум	Медиана
Приправы, пищевые добавки (ПД) и ароматизаторы (АР)	24	19 (79,2)	<0,10*	0,38	<0,10*
Зерно, в т.ч. солод	35	22 (62,9)	<0,10*	0,95	<0,10*
Копченое мясо и мясопродукты	65	17 (26,2)	<0,10*	0,39	0,10
Масла растительные и жиры	45	32 (71,1)	<0,10*	0,48	<0,10*
Пищевые продукты для детского питания	82	82 (100)	<0,10*	<0,10*	<0,10*
Копченые сыры, сырные продукты	2	1 (50)	<0,10*	0,10	0,05
Копченая рыба и рыбные консервы	4	0 (0)	0,10	0,88	0,15
Всего	257	-			

Примечание — \* — ниже предела чувствительности метода (0,1 мкг/кг).

Для дальнейшей оценки использована медиана в связи с ненормальным распределением результатов в вариационных рядах, что подтверждается W-критерием Шапиро–Уилка, который составил от 0,51 до 0,86 для всех исследованных групп продуктов.

Для гигиенической оценки уровней контаминации были использованы санитарно-эпидемиологические требования [6, 7], установленные как в соответствии с национальным законодательством Республики Беларусь, так и в Европейском союзе.

Сравнительный анализ нормирования БП показал следующее. В национальных нормативах [6] установлены максимальные допустимые уровни БП для масложировой продукции, копченых мяса и мясопродуктов, копченых сыров и сырных продуктов, зерна продовольственного на уровне не более 1,0 мкг/кг, для копченой рыбы, рыбных консервов и копченых продуктов рыболовства — не более 5,0 мкг/кг. В пищевых продуктах, предназначенных для питания детей раннего возраста, БП не допускается. В Европейском союзе БП нормируется в более широком спектре продукции по сравнению с Республикой Беларусь [7]. Для обсуждаемого вещества установлены максимально допустимые уровни в продуктах из какао-бобов и консер-

вов из копченой рыбы — не более 5,0 мкг/кг; для масла растительного и кокосового, жиров, копченого мяса и мясopодуктов, копченой рыбы и продуктов рыболовства — не более 2,0 мкг/кг; для копченых моллюсков — не более 6,0 мкг/кг; продуктов, предназначенных для питания детей раннего возраста — не более 1,0 мкг/кг. С 2011 г. в отношении указанных групп продуктов в ЕС введено дополнительное нормирование суммы 4 ПАУ: бенз[а]пирена, бенз[а]антрацена, бенз[б]флуорантена и хризена. Нормируемые значения соответственно выше и составляют от 10–35 мкг/кг для различных групп продуктов, для продуктов детского питания — не более 1 мкг/кг.

Гигиеническая оценка уровней контаминации показала отсутствие превышения максимальных допустимых уровней БП, установленных в Республике Беларусь и Европейском союзе [6, 7], во всех исследованных образцах пищевых продуктов. В пищевых продуктах, предназначенных для питания детей раннего возраста, БП выявлен не был.

Наибольшее количество образцов, содержание БП в которых было выше предела обнаружения, выявлено в копченom мясе и мясopодуктах — 48 образцов, или 73,8% соответственно. Относительно высокий уровень контаминации зафиксирован в копченых сырах (0,05 мкг/кг [ $<0,10;0,10$ ]; здесь и далее — медиана, минимальное и максимальное значения соответственно), копченom мясе и мясopодуктах (0,1 мкг/кг [ $<0,10;0,39$ ]), копченой рыбе и рыбных консервах (0,15 мкг/кг [ $0,10;0,88$ ]) (рисунок 1).

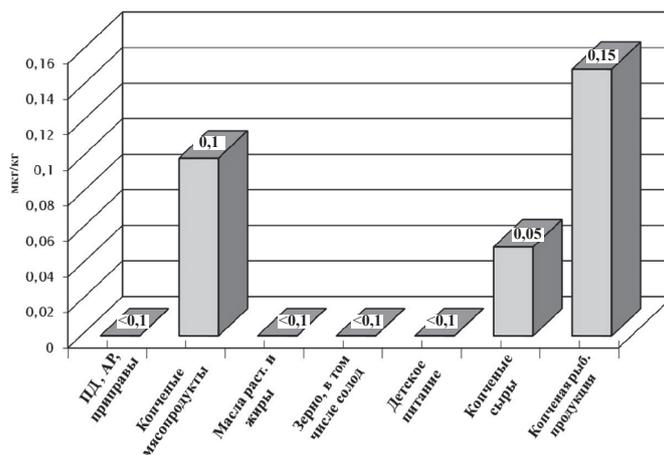


Рисунок 1. — Уровень контаминации бенз(а)пиреном по медиане

Максимальные уровни контаминации наблюдались в зерне (0,95 мкг/кг), что связано с процессами его сушки, копченой рыбе и рыбных консервах (0,88 мкг/кг), маслах растительных и жирах (0,48 мкг/кг) (рисунок 2).

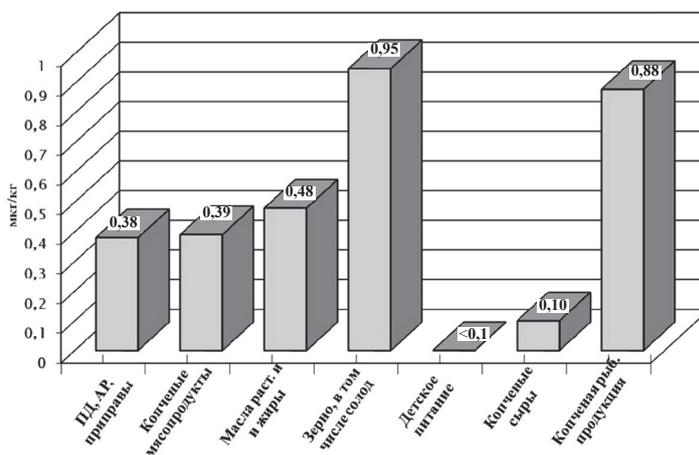


Рисунок 2. — Максимальные уровни контаминации бенз(а)пиреном

Следует отметить необходимость дальнейшего изучения уровней контаминации пищевой продукции БП, особенно в копченой рыбе и морепродуктах, копченom сыре и сырных продуктах, в связи с незначительным числом наблюдений.

**Заключение.** Таким образом, все полученные результаты соответствуют гигиеническим нормативам как принятым в Республике Беларусь, так и европейским. Вместе с тем обсуждаемое канцерогенное вещество содержится в 20,8–100% проб в количествах выше предела обнаружения используемого метода, медиана его содержания составляет от  $<0,10$  до 0,15 мкг/кг. Необходимо изучение уровней контаминации иных канцерогенных ПАУ в пищевой продукции: бенз[а]антрацена, бенз[б]флуорантена и хризена. Учитывая высокую гигиеническую значимость ПАУ, обладающих канцерогенными свойствами, необходима оценка риска здоровью, ассоциированного с наличием указанных соединений в пищевой продукции, и разработка мер по снижению их уровня в рационе.

#### Литература

1. Зайцева, Н.В. Анализ риска здоровью населения на современном этапе / Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур // Здравоохранение Рос. Федерации. — 2013. — № 2. — С. 20–24.

2. Bioavailability and risk assessment of orally ingested polycyclic aromatic hydrocarbons / A. Ramesh [et al.] // Int. J. Toxicol. — 2004. — № 23. — P. 301–333.
3. Сайт Европейского управления безопасностью пищевых продуктов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/contam080804>. — Дата доступа: 24.05.2016.
4. Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/cancer-red-meat/ru/>. — Дата доступа: 10.05.2016.
5. Сайт Европейского управления безопасностью пищевых продуктов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.efsa.europa.eu/en/dataclosed/call/sc051010>. — Дата доступа: 12.04.2016.
6. СанПиН Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам. ГН. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 21.06.2013 № 52. — Минск, 2013. — 252 с.
7. Регламент Комиссии (ЕС) № 1881/2006 от 19 декабря 2006 года, устанавливающий максимальные уровни для некоторых контаминантов в пищевых продуктах [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/laws/eu/1881-2006.pdf>. — Дата доступа: 12.04.2016.

#### HYGIENIC CHARACTERISTICS OF CONTAMINATION BENZO(A)PYRENE OF FOOD PRODUCTS

*Dolgina N.A., Fedorenko E.V., Bondaruk A.M., Belysheva L.L., Tsemborevich N.V., Kedrova I.I., Zhurikhina L.N., Lihoshva O.N., Durmanova S.A., Slavinsky A.V., Bogutskaya E.V.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

Food products are the main source of chemicals, including those with carcinogenic properties. Polyaromatic hydrocarbons (PAHs) are compounds that are formed in food products in the processes of its processing. These compounds have a negative impact on health (impact on the immune and reproductive systems, have carcinogenic and mutagenic effect). As a result of studying the level of contamination of food products benzo(a)pyrene (BP) established its compliance with hygienic standards, the detection rate of the specified substance ranged from 20.8 to 100%, median content doesn't exceed 0,15 µg/kg. Further studies of the content of other PAHs and the development of measures to reduce health risk associated with the presence of these compounds in food products.

**Keywords:** food products, polyaromatic hydrocarbons, benzo(a)pyrene, contamination.

Поступила 03.10.2016

#### ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА БЕЗВРЕДНОСТИ БАД, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКАМИ ЙОДА, НА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

*Журихина Л.Н., Бондарук А.М., Свинтилова Т.Н., Цыганков В.Г.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** С использованием метода экспресс-оценки безвредности биологически активных добавок к пище (БАД), являющихся дополнительным источником витаминов и минералов, на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* проведено исследование двух образцов БАД — источников йода.

Разработанный метод позволяет определить класс опасности БАД на основании параметров токсичности; биологическое действия БАД на протяжении одного (хронический эксперимент) и семи жизненных циклов популяции (продолженный эксперимент), что дает возможность оценить безвредность БАД при длительном применении.

**Ключевые слова:** БАД (биологически активные добавки к пище), безвредность, биологическое действие, *Tetrahymena pyriformis*.

**Введение.** Питание — решающий фактор, влияющий на состояние здоровья населения страны. К основным нарушениям в области питания можно отнести недостаточное потребление большинства витаминов, ряда микроэлементов и пищевых волокон. Дефицит витаминов и минералов может приводить к нарушению роста и регенераторных процессов, снижению устойчивости организма к неблагоприятным факторам внешней среды, нарушению обмена веществ и деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем [1].

Использование БАД, являющихся дополнительным источником витаминов и минеральных веществ, позволяет ликвидировать их дефицит и повысить сопротивляемость организма воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Для того, чтобы БАД могла эффективно восполнять недостаток витаминов и минералов в питании современного человека, она должна соответствовать ряду требований, обеспечивающих ее безопасность и эффективность.

**Цель работы** — провести на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* (далее — *T. pyriformis*) экспресс-оценку безвредности биологически активных добавок к пище, являющихся дополнительным источником йода.

**Материалы и методы.** Объектами исследования являлись образцы биологически активных добавок к пище (БАД-1 и БАД-2), следующего состава (таблица 1).

Исследования данных БАД проводились по следующим показателям [2–4]:

- определение класса опасности по показателям токсичности в остром, подостром и хроническом экспериментах;
- оценка биологической активности по коэффициенту адаптогенности первого и седьмого жизненных циклов популяции с расчетом показателя резерва адаптации (Рад). Показатели 7-го жизненного цикла позволяют оценить возможность длительного применения БАД.

При выборе концентраций исследуемых БАД руководствовались результатами токсикологических экспериментов и величиной рекомендуемой производителем суточной дозы (РСП — рекомендуемое суточное потребление).

Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически с определением средней арифметической каждого вариационного ряда, среднеквадратичного отклонения, стандартной ошибки, коэффициента вариации и критерия Стьюдента. При уровне значимости менее 0,05 различия средних арифметических показателей безвредности и биологической ценности считаются статистически достоверными [5].

**Результаты и их обсуждение.** По результатам токсикологической оценки в остром, подостром и хроническом экспериментах на *T. pyriformis* БАД-1 малотоксична (4-й класс) с невыраженными кумулятивными свойствами (5-й класс). Токсичность ее снижается при хроническом воздействии. Как по ЛД<sub>50</sub>, так и по зоне хронического действия (Z<sub>chr</sub>) БАД-1 относится к 4-му классу опасности (малоопасна) (таблица 2).

Таблица 1. — Информация на упаковке исследованных образцов БАД

БАД	Состав	Источник	Форма выпуска	Способ применения
БАД-1	Ламинария (морская капуста) — 166 мг (в т. ч. числе йод из ламинарии 200 мкг), целлюлоза микрокристаллическая, аэросил, кальция стеарат	Йода	Таблетки по 200 мг	По 1 таблетке в день
БАД-2	Калия йодид — 0,13 мг (йода 100 мкг), ретинола ацетат (витамин А) — 0,9 мг. Вспомогательные вещества: сахар молочный (лактоза), микрокристаллическая целлюлоза, кальция стеарат (Е 470)	Йода и витамина А	Таблетки по 250 мг	По 1 таблетке в день

Таблица 2. — Гигиеническая классификация БАД по результатам токсикологической оценки в остром, подостром и хроническом экспериментах на *T. pyriformis*

Показатель	БАД-1	БАД-2
<b>Острая токсичность</b>		
ЛД <sub>16</sub> , мг/мл	16,43	–
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	34,11±0,085	Более 200
ЛД <sub>84</sub> , мг/мл	51,78	–
<b>Класс токсичности по ЛД<sub>50</sub>acuta</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Подострая токсичность</b>		
ЛД <sub>16</sub> , мг/мл	36,21	138,00
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	41,81±0,017	208,40±0,13
ЛД <sub>84</sub> , мг/мл	47,40	279,20
К <sub>кумаcuta</sub>	1,23	более 0,5
<b>Класс токсичности по К<sub>кумаcuta</sub></b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>Хроническая токсичность в логарифмической фазе, 48 ч</b>		
ЕД <sub>16</sub> , мг/мл	19,25	7,95
ЕД <sub>50</sub> , мг/мл	22,05±0,022	17,65±0,053
ЕД <sub>84</sub> , мг/мл	24,90	27,35
<b>Хроническая токсичность в стационарной фазе, 96 ч</b>		
ЕД <sub>16</sub> , мг/мл	26,20	62,00
ЕД <sub>50</sub> , мг/мл	27,70±0,004	134,50±0,10
ЕД <sub>84</sub> , мг/мл	29,15	207,00
К <sub>кумchr</sub>	1,26	7,62
<b>Класс токсичности по К<sub>кумchr</sub></b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Показатели опасности хронического эксперимента</b>		
Z <sub>chr</sub>	1,23	<2,5>1
Класс опасности	4	4
МНД <sub>chr</sub> , мг/мл	10,0	1,00
Класс опасности	5	4
ЛД <sub>50</sub> /МНД <sub>chr</sub>	3,41	>200
Класс опасности	5	4
<b>Класс опасности по лимитирующему показателю</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

БАД-2 нетоксична (5-й класс) по результатам оценки в остром и подостром экспериментах. Обладает слабо выраженной кумулятивностью. По всем показателям опасности хронического эксперимента БАД-2 относится к 4-му классу опасности (малоопасна) (таблица 2).

Таким образом, по результатам токсиколого-гигиенической оценки биологически активные добавки к пище БАД-1 и БАД-2, являющиеся дополнительным источником йода в рационе, относятся к 4-му классу опасности — малоопасны.

При пролонгированном эксперименте БАД-1 культивировалась в среде, содержащей в 1 мл 4 мг белка, 16 мг углеводов. Витамины и минеральные вещества вносились в концентрациях, эквивалентных 50% от адекватного уровня потребления человеком. Контролем являлась среда без БАД с дефицитом минеральных веществ и витаминов на 50% (К-2).

БАД-1 вносили в среду культивирования в концентрациях 0,01; 1,0 и 10,0 мг/мл. Концентрация 0,01 мг/мл эквивалентна РСП человеком 200 мг или 1 таблетки БАД (таблица 1). Содержание йода в одной таблетке — 200 мкг, что составляет 133% от адекватного уровня потребления. Концентрации БАД-1 в концентрациях 1,0 и 10,0 мг/мл превышают РСП на два и три порядка соответственно.

Визуальная оценка состояния популяции *T. pyriformis* на этапах интерфазной активности не обнаружила каких-либо видимых морфологических и функциональных нарушений инфузорий в средах с БАД-1 по сравнению с контролем.

При прохождении популяцией первого жизненного цикла в среде культивирования, содержащей БАД-1 в концентрации 0,01 мг/мл, наблюдался умеренно выраженный ростстимулирующий эффект в логарифмической фазе роста (19–11%,  $p < 0,05$ ) и отсутствие видимого эффекта в лаг-фазе и стационарной фазе роста.

В среде культивирования, содержащей БАД-1 в концентрации 1,0 мг/мл, стимуляция роста отмечалась на протяжении всего жизненного цикла популяции. Численность популяции на этапах 24–48–72–96 ч увеличилась на 102–70–27–7% ( $p < 0,05$ ) по отношению к ее численности в среде того же состава без БАД-1.

В среде культивирования, содержащей БАД-1 в концентрации 10,0 мг/мл, численность популяции в лаг-фазе не носила статистически значимых различий по сравнению с ее численностью в контроле. В интервале 48–72–96 ч она составляла 227–219–185% по отношению к контрольному уровню ( $p < 0,05$ ) (таблица 3).

Таблица 3. — Изменение численности *T. pyriformis* в пролонгированном эксперименте в среде, содержащей БАД-1

БАД-1, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Первый жизненный цикл				
К-2	28000±1115	155500±2603	197000±2667	234500±1978
0,01	28000±1284	185000±1686*	218500±1229*	226500±3252
1,0	56500±2914*	264500±3602*	250000±2390*	250000±615*
10,0	27500±679	352500±3084*	431500±2940*	433000±3169*
Численность популяции в % к контролю				
К-2	100±4,0	100±1,7	100±1,3	100±0,8
0,01	100±4,6	119±1,1*	111±0,6*	97±1,4
1,0	202±10,4*	170±2,3*	127±1,2*	107±0,3*
10,0	98±2,4	227±2,0*	219±1,5*	185±1,4*
Седьмой жизненный цикл				
	312	336	360	384
К-2	15500±239	111000±1527	202500±4638	228000±1820
0,01	13000±374*	123500±1085*	206000±3386	202500±1605*
Среда без БАД	12500±239*	120500±2754*	203000±2646	205500±1500*
1,0	30500±423*	137000±2408*	238000±1667*	258000±1033*
Среда без БАД	34500±1051*	134500±1258*	228000±1826*	254000±816*
10,0	19500±803*	287000±2565*	421000±3044*	452500±843*
БАД-1 мг/мл	Время экспозиции, ч			
	312	336	360	384
Численность популяции в % к контролю				
К-2	100±1,5	100±1,4	100±2,3	100±0,8
0,01	84±2,4*	111±1,0*	102±1,7	89±0,7*
Среда без БАД	81±1,5*	109±2,5*	100±1,3	90±0,7*
1,0	197±2,7*	123±2,2*	117±0,8*	113±0,4*
Среда без БАД	223±6,8*	121±1,1*	113±0,9*	111±0,4*
10,0	126±5,2*	259±2,3*	208±1,5*	198±0,4*

Примечание — \* — статистически достоверные изменения по отношению к контролю при  $p < 0,05$ .

При изучении биологического действия БАД-1 на протяжении седьмого жизненного цикла популяции установлено, что в концентрации 0,01 мг/мл она вызвала угнетение роста инфузорий в лаг-фазе на 16% ( $p < 0,05$ ) и в стационарной фазе на 11% ( $p < 0,05$ ) по отношению к контролю. В логарифмической фазе численность популяции в среде с БАД увеличилась на

11% ( $p < 0,05$ ) по отношению к контролю. В фазе замедленного роста отмечалось отсутствие видимого эффекта. БАД-1 в концентрациях 1,0 и 10,0 мг/мл стимулировала рост популяции *T. pyriformis* на протяжении седьмого жизненного цикла популяции. На этапах интерфазной активности 312–336–360–384 ч численность популяции в среде, содержащей БАД-1 в концентрации 1,0 мг/мл, увеличилась на 97–23–17–13% по сравнению с ее численностью в контроле ( $p < 0,05$ ). В среде, содержащей БАД-1 в концентрации 10,0 мг/мл, — на 26–159–108–11% ( $p < 0,05$ ) (таблица 3).

При пересеве популяции одноклеточных организмов после культивирования на протяжении шести жизненных циклов в среде, содержащей БАД-1 в концентрации 0,01 мг/мл, в среду без БАД-1 наблюдались фазовые изменения численности популяции, аналогичные изменениям в среде с БАД-1 концентрации 0,01 мг/мл. При пересеве популяции со среды, содержащей БАД-1 в концентрации 1,0 мг/мл, в среду без БАД-1 ростстимулирующий эффект сохранился и составил 123–21–13–11% по отношению к контролю ( $p < 0,05$ ) (таблица 3).

Количественная оценка адаптационных колебаний численности популяции под влиянием БАД-1 в первом жизненном цикле популяции выявила увеличение ее адаптационного потенциала, пропорциональное возрастанию концентрации БАД-1 в среде культивирования. При содержании БАД-1 в среде культивирования 0,01 мг/мл Кад увеличился на 7%, 1,0 мг/мл — на 34%, 10,0 мг/мл — на 102% ( $p < 0,05$ ) (таблица 4).

При прохождении популяцией *T. pyriformis* седьмого жизненного цикла (312–336–360–384 ч) коэффициент адаптогенности в среде, содержащей БАД-1 в концентрации 0,01 мг/мл, близок к контрольному уровню, а в концентрациях 1,0 и 10,0 мг/мл увеличился на 19 и 112% ( $p < 0,05$ ) соответственно (таблица 4).

Таблица 4. — Адаптация *T. pyriformis*, культивируемой в среде с дефицитом минералов и витаминов, к пролонгированному воздействию БАД-1

Концентрация БАД-1, мг/мл	Коэффициент адаптогенности (Кад)			$R_{ад312-384}$
	$K_{ад24-96}$	$K_{ад312-384}$	Среда без БАД	
0 (контроль)	1,00±0,007	1,00±0,007	1,00±0,007	0,90±0,007
0,01	1,07±0,008*	0,98±0,004*	0,97±0,007*	0,83±0,004*
1,0	1,34±0,010*	1,19±0,007*	1,17±0,004*	0,81±0,005*
10,0	2,02±0,010*	2,12±0,010*	—	0,95±0,004*
Примечание — * — статистически достоверные изменения по отношению к контролю при $p < 0,05$ .				

Взросший адаптационный потенциал популяции сохранился при пересеве инфузорий, после их культивирования на протяжении шести жизненных циклов в средах, содержащих биологически активную добавку, в среду без БАД-1. При пересеве популяции со среды, содержащей БАД-1 в концентрации 0,01 мг/мл, в среду без БАД Кад = 0,97±0,011 ( $p < 0,05$ ), с концентрации 1,0 мг/мл — Кад = 1,17±0,004 ( $p < 0,05$ ) (таблица 4).

Пролонгированное культивирование *T. pyriformis* в среде с 50% дефицитом минералов и витаминов (контроль) снизило адаптационный потенциал популяции в седьмом жизненном цикле по отношению к первому жизненному циклу на 10%. В среде культивирования, содержащей БАД-1 в концентрации 0,01 мг/мл, адаптационный потенциал снизился на 7% по отношению к контролю, в концентрации 1,0 мг/мл — на 9%, и 10,0 мг/мл — на 5% ( $p < 0,05$ ) (таблица 4).

Рекомендуемое суточное потребление БАД-2 — 1 таблетка (250 мг). С одной таблеткой БАД-2 в организм поступает 100 мкг йода в составе йодида калия (130 мкг) и 790 мкг витамина А в составе ретинола ацетата (900 мкг).

БАД-2 вносили в среду № 1 с оптимальным содержанием макро- микронутриентов и среду № 2 с дефицитом минералов и витаминов на 50% в концентрации, эквивалентной РСП 0,011 мг/мл.

Контролем являлись среды без БАД: К-1 — среда с оптимальным содержанием макро- и микронутриентов, К-2 — среда с дефицитом витаминов и минералов на 50%.

Биологическое действие БАД-2 исследовали в пролонгированном эксперименте путем подсчета численности популяции в первом и седьмом жизненном цикле и расчета  $K_{ад24-96}$ ,  $K_{ад312-384}$  и  $R_{ад}$ .

На протяжении первого жизненного цикла популяции, культивируемой в среде № 1, содержащей БАД-2, не отмечалось статистически значимых изменений численности популяции по отношению к ее численности в среде № 1 без БАД на этапах 24–48–72 ч. В стационарной фазе роста численность популяции в среде с БАД уменьшилась на 7% по отношению к контролю ( $p < 0,05$ ).

Численность популяции в среде № 2, содержащей БАД-2, в замедленной и стационарной фазе роста увеличилась на 18 и 28% соответственно ( $p < 0,05$ ) (таблица 5).

При изучении биологического действия БАД-2 в исследуемой концентрации на протяжении седьмого жизненного цикла популяции в полноценной среде № 1 отмечалось снижение численности популяции по отношению к контролю, статистически значимое в интервале 24–48–72 ч. БАД-2, внесенная в среду № 2 с дефицитом микронутриентов, в лаг-фазе и логарифмической фазе роста седьмого жизненного цикла проявила ростстимулирующий эффект, проявившийся в увеличении численности популяции на 20 и 63% соответственно ( $p < 0,05$ ). При пересеве популяции после культивирования на протяжении шести жизненных циклов со сред, содержащих биологически активную добавку, в среды без БАД сохранились те же эффекты: ингибирующий в полноценной среде и стимулирующий в среде с дефицитом микронутриентов (таблица 5).

Таблица 5. — Изменение численности *Tetrahymena pyriformis* в пролонгированном эксперименте в среде, содержащей БАД-2

БАД-2, мг/мл	Время экспозиции, ч			
	24	48	72	96
Первый жизненный цикл				
К-1	18000±1626	200500±3252	479500±6075	585000±3070
0,011	21000±307	210000±5615	468000±10423	543500±3793*
К-2	17000±1070	47500±2216	101000±2857	255000±2569
0,011	16000±820	51500±1756	119000±2895*	327500±7544*
Численность популяции в % к контролю				
К-1	100±9,0	100±1,6	100±1,3	100±0,5
0,011	117±1,7	105±2,8	98±2,2	93±0,7*
К-2	100±6,3	100±4,7	100±2,8	100±1,0
0,011	94±4,8	108±3,7	118±2,9*	128±3,0*
Седьмой жизненный цикл				
мг/мл	312	336	360	384
К-1	21500±559	273000±2352	504000±9466	611500±11960
0,011	17500±592*	230000±2704*	454500±6779*	599000±4359
Среда без БАД	18000±569*	183000±4524*	464500±3667*	590000±4626
К-2	20000±559	49500±1208	103500±1743	258000±4484
0,011	24000±436*	80500±1750*	99000±1193*	239500±4688*
Среда без БАД	30000±898*	77000±880*	100500±1145	267000±5972
Численность популяции в % к контролю				
К-1	100±2,6	100±0,9	100±1,9	100±2,0
0,011	81±2,7*	84±1,0*	90±1,3*	98±0,7
Среда без БАД	84±2,6*	67±1,7*	92±0,7*	97±0,8
К-2	100±2,8	100±2,4	100±1,7	100±1,7
0,011	120±2,2*	163±3,5*	96±1,2*	93±1,8*
Среда без БАД	150±4,5*	156±1,8*	97±1,1	104±2,3

Примечание — \* — статистически достоверные изменения по отношению к контролю при  $p < 0,05$ .

В первом жизненном цикле отмечалось незначительное снижение (3%) адаптационного потенциала популяции в полноценной среде, содержащей БАД-2. В среде с дефицитом микронутриентов, обогащенной БАД-2, адаптационный потенциал популяции повысился по сравнению с контролем на 22% ( $p < 0,05$ ). В седьмом жизненном цикле отмечалось снижение адаптационного потенциала популяции, культивировавшейся в средах с БАД-2 как по сравнению с первым жизненным циклом (среда № 1), так и по сравнению с контролем (среда № 1). Таким образом, адаптационный резерв популяции при пролонгированном воздействии БАД-2 в составе полноценной питательной среды снился на 5% и в составе среды с дефицитом микронутриентов на 14% ( $p < 0,05$ ) (таблица 6).

Таблица 6. — Адаптация *Tetrahymena pyriformis* к пролонгированному воздействию БАД-2

Концентрация БАД-2, мг/мл	Коэффициент адаптогенности (Кад)			R <sub>ад312-384</sub>
	К <sub>ад24-96</sub>	К <sub>ад312-384</sub>	Среда без БАД	
0 (К-1)	1,00±0,007	1,00±0,019	1,00±0,019	1,10±0,019
0,011	0,97±0,013*	0,92±0,004*	0,89±0,008*	0,95±0,005*
0 (К-2)	1,00±0,025	1,00±0,018	1,00±0,018	1,03±0,018
0,011	1,22±0,014*	1,03±0,009	1,10±0,016*	0,86±0,009*

Примечание — \* — статистически достоверные изменения по отношению к контролю при  $p < 0,05$ .

**Заключение.** С использованием в качестве тест-объекта инфузорий *T. pyriformis* осуществлена оценка безвредности двух образцов БАД, являющихся дополнительным источником йода.

Содержание биологически активных веществ в рекомендуемых суточных дозах БАД находятся на уровне адекватного потребления БАД согласно гигиеническим нормативам.

Безвредность БАД оценивалась по критериям токсичности и опасности токсикологического эксперимента с определением класса опасности. Безвредность и эффективность дозы, рекомендованной к суточному потреблению, оценивалась по результатам анализа адаптогенных эффектов БАД в пролонгированном эксперименте. При этом БАД исследовались в среде с оптимальным содержанием макро- и микронутриентов и 50% дефицитом витаминов и минералов.

По результатам токсикологической оценки БАД-1 и БАД-2 относятся к 4-му классу опасности (малоопасные).

Биотестирование БАД в концентрациях, эквивалентных рекомендуемому суточному потреблению, показало, что они проявляют более выраженную биологическую активность в среде с дефицитом микронутриентов.

БАД-1, внесенная в среду культивирования с дефицитом витаминов и минералов в концентрации, эквивалентной рекомендуемому суточному потреблению человеком и превышающей ее на 2–3 порядка, не оказала вредного воздействия на тест-организм и популяцию. Биологическая активность БАД-1 возросла по мере увеличения ее концентрации и проявилась в повышении адаптационного потенциала популяции от слабого до чрезвычайно выраженного и стимулирующего.

БАД-2 в концентрации, эквивалентной рекомендуемому суточному потреблению человеком, не оказала вредного воздействия на популяцию при кратковременной экспозиции при внесении в среду культивирования с оптимальным содержанием макро- и микронутриентов и повысила ее адаптационный потенциал в среде с дефицитом витаминов и минералов. Пролонгированное воздействие БАД привело к истощению адаптационных резервов *T. pyriformis*, культивировавшейся как в среде с оптимальным содержанием пищевых веществ, так и с дефицитом микронутриентов.

Биотестирование на *T. pyriformis* БАД, являющихся дополнительным источником витаминов и минеральных веществ, на этапе реализации позволяет не только оценить безвредность рекомендуемого суточного потребления, но и при необходимости откорректировать дозу и длительность применения, осуществить скрининг БАД одной группы по показателям безвредности.

#### Литература

1. Бабаян, М.Л. Эффективность витаминпрофилактики и выбор витаминно-минерального комплекса у детей / М.Л. Бабаян // *Вопр. практ. педиатрии*. — 2011. — Т. 6, № 4. — С. 85–89.
2. Методические рекомендации по доклиническому испытанию биологически активных пищевых добавок и фитопрепаратов: утв. 13.11.2000, № 179-0010 / М-во здравоохран. Респ. Беларусь; авт.-сост. А.С. Богдан [и др.]. — Минск, 2000. — 35 с.
3. Инструкция по гигиенической оценке химических веществ, многокомпонентных смесей и полимерных материалов на *Tetrahymena pyriformis*: инструкция по применению: утв. 11.07.2002 № 20-0102 / М-во здравоохран. Респ. Беларусь; авт.-сост. А.С. Богдан. — Минск, 2002. — 63 с.
4. Методы экспресс-оценки безвредности биологически активных добавок к пище, являющихся источниками аминокислот, витаминов и минеральных веществ, на *Tetrahymena pyriformis*: инструкция по применению: утв. 07.04.2016 № 034-1215 / М-во здравоохран. Респ. Беларусь; авт.-сост. Л.Н. Журихина, А.М. Бондарук, Т.С. Осипова. — Минск, 2016. — 25 с.
5. Прозоровский, В.Б. Статистическая обработка результатов фармакологических исследований / В.Б. Прозоровский // *Психофармакол. биол. наркологию*. — 2007. — Т. 7, № 3/4. — С. 2000–2120.

## EXPRESS-ASSESSMENT OF HARMLESSNESS OF FOOD SUPPLEMENTS AS A IODINE SOURCE ON *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Zhurihina L.N., Bondaruk A.M., Svintilova T.N., Tsygankov V.G.

Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus

Two samples of food supplements — iodine sources — have been studied on the infusorians *Tetrahymena pyriformis* using the method of express-assessment of food supplements harmless, which are the additional source of vitamins and minerals.

The developed method allows to determine the hazard class of food supplements on the basis of toxicity parameters; food supplements biological action throughout one (chronic experiment) and seven life cycles of the population (prolonged experiment), which helps to estimate the harmless of food supplements for prolonged use.

**Keywords:** food supplements, harmless, biological action, *Tetrahymena pyriformis*.

Поступила 22.06.2016

## ОЦЕНКА БАЛАНСА МАКРОНУТРИЕНТОВ В РАЦИОНАХ ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Кедрова И.И., Дурманова С.А., Славинский А.В., Федоренко Е.В.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Адекватное физиологическим потребностям организма обеспечение организма пищевыми веществами в оптимальных соотношениях между ними является одним из ведущих факторов сохранения здоровья лиц старших возрастных групп. В статье представлены результаты обследования фактического питания 276 мужчин и женщин в возрасте 60 лет и старше. Расчет макронутриентного состава рациона обследованных лиц пожилого возраста свидетельствует о повышенном по сравнению с рекомендуемым уровнем относительном содержании животных белков в структуре общих белков, избыточном относительном содержании общих жиров за счет высокого содержания насыщенных жирных кислот, мононенасыщенных жирных кислот, недостаточном относительном содержании омега-3 полиненасыщенных жирных кислот, избыточном содержании простых сахаров, недостаточном содержании сложных углеводов.

**Ключевые слова:** лица пожилого возраста, фактическое питание, макронутриенты.

**Введение.** За последние 30 лет в мире число людей в возрасте 60 лет и старше удвоилось. Коэффициент старения населения Республики Беларусь (удельный вес лиц старше 65 лет в структуре всего населения), рассчитанный по демографическим данным на начало 2015 г., составил 14,2%, что характеризует население республики как «старое» (величина данно-

го показателя более 7% свидетельствует о том, что население относится к старому [1]). Старение населения ставит задачи укрепления здоровья и расширения функциональных возможностей пожилых людей для увеличения периода активной, полноценной жизни человека.

Одним из ведущих факторов сохранения здоровья является адекватное физиологическим потребностям обеспечение организма пищевыми веществами. Для оптимального функционирования органов и систем организма важно не только количество поступающих пищевых веществ, но соотношение между ними [2].

**Цель работы** — оценка баланса макронутриентов в рационе лиц пожилого возраста.

**Материалы и методы.** Обследовано 276 человек в возрасте 60 лет и старше, в т. ч. в возрастной группе 60–74 лет — 98 женщин, 63 мужчины; в возрастной группе 75 лет и старше — 81 женщина, 34 мужчины.

При обследовании фактического питания использован метод 24-часового воспроизведения питания с последующим расчетом содержания в среднесуточных рационах энергии и пищевых веществ (на основании справочных таблиц химического состава пищевых продуктов). Проведен расчет содержания в рационах энергии, общих белков, белков животного происхождения, общих жиров, насыщенных (НЖК), мононенасыщенных (МНЖК), полиненасыщенных (ПНЖК) жирных кислот, линолевой, линоленовой жирных кислот, холестерина, углеводов, моно- и дисахаридов, пищевых волокон.

При статистической обработке результатов обследования вычисляли среднюю арифметическую (М), ошибку средней арифметической (m). Полученные результаты пищевой и энергетической ценности рационов (ЭЦ) сопоставлены с нормами физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии (НФП) [3, 4].

**Результаты и их обсуждение.** Данные о содержании макронутриентов в среднесуточных рационах обследованных мужчин и женщин в возрасте 60 лет и старше представлены в таблицах 1, 2.

При анализе данных о содержании макронутриентов в среднесуточных рационах обследованных мужчин в возрасте 60–74 лет среднее содержание общих белков (64,9±3,2 г) несколько ниже НФП (68 г). При этом количество белков животного происхождения существенно выше рекомендуемого уровня, что свидетельствует о достаточном содержании в рационах незаменимых аминокислот. Среднее содержание общих жиров соответствует рекомендуемому уровню, при этом среднее содержание холестерина в рационах превышает допустимый уровень. Потребление углеводов существенно ниже НФП. Энергетическая ценность рационов у мужчин снижена.

В рационах обследованных женщин в возрасте 60–74 лет среднее содержание общих белков, жиров, углеводов и, соответственно, энергетическая ценность рациона ниже НФП. При этом количество животных белков (35,7±1,9 г) несколько превышает рекомендуемый уровень (31 г), что свидетельствует о повышенном потреблении продуктов животного происхождения. Последнее подтверждается также тем, что среднее содержание холестерина в рационах находится на верхней границе допустимого уровня.

В среднесуточных рационах обследованных мужчин в возрасте 75 лет и старше среднее содержание общих белков удовлетворяет потребность организма в белках согласно НФП. Количество белков животного происхождения, как и в рационах мужчин 60–74 лет, существенно выше рекомендуемого уровня. Среднее содержание общих жиров в рационах мужчин 75 лет и старше превышает рекомендуемый уровень, при этом среднее содержание холестерина составляет 0,5 г, что существенно выше допустимого уровня (0,3 г). Потребление углеводов ниже НФП. Энергетическая ценность рационов также снижена.

В рационах обследованных женщин в возрасте 75 лет и старше среднее содержание общих белков существенно ниже НФП, однако количество животных белков, как и в рационах других обследованных групп, удовлетворяет потребность организма в данных пищевых веществах. Среднее содержание общих жиров несколько ниже рекомендуемого уровня (среднее содержание холестерина в рационах находится на верхней границе допустимого уровня). Потребление углеводов, энергетическая ценность рационов существенно ниже НФП.

При оценке соотношения основных пищевых веществ (по их массе) в рационах отмечено значительное превышение содержания общих жиров относительно общих белков, в несколько меньшей степени выраженное в рационах женщин 60–74 лет. Содержание общих углеводов в рационах относительно содержания белков приближено к рекомендуемому уровню (таблица 3).

Таблица 1. — Содержание макронутриентов в среднесуточных рационах обследованных лиц в возрастной группе 60–74 лет

Нутриенты	Мужчины, 60–74 года		Женщины, 60–74 года	
	М±m	НФП	М±m	НФП
Белки, г	64,9±3,2	68	55,7±2,2	61
Белки животные, г	40,0±2,7	34	35,7±1,9	31
Жиры, г	77,4±4,0	77	58,4±2,4	66
НЖК, г	30,7±1,6		24,3±1,1	
МНЖК, г	33,9±1,8		24,3±1,2	
ПНЖК, г	15,0±1,3		10,7±0,8	
Линолевая кислота, г	13,8±1,3	(8–10 для омега-6 ПНЖК)	9,7±0,8	(8–10 для омега-6 ПНЖК)
Линоленовая кислота, г	0,6±0,1	(0,8–1,6 для омега-3 ПНЖК)	0,4±0,04	(0,8–1,6 для омега-3 ПНЖК)
Холестерин, г	0,4±0,04	<0,3	0,3±0,03	<0,3
Углеводы, г	230,1	335	193,9	284
Углеводы (без пищевых волокон), г	208,8±9,8		177,7±6,5	

Окончание таблицы 1

Нутриенты	Мужчины, 60–74 года		Женщины, 60–74 года	
	М±m	НФП	М±m	НФП
Моно- и дисахариды, г	88,7±6,1		86,7±5,0	
Крахмал, г	120,1±5,4		91,0±3,6	
Пищевые волокна, г	21,3±1,3	20	16,2±0,8	20
Клетчатка, г	7,4±1,7		5,7±1,2	
Энергетическая ценность, ккал	1858±84,5	2300	1482±46,2	1975

Таблица 2. — Содержание макронутриентов в среднесуточных рационах обследованных лиц в возрастной группе 75 лет и старше

Нутриенты	Мужчины, 75 лет и старше		Женщины, 75 лет и старше	
	М±m	НФП	М±m	НФП
Белки, г	64,8±3,9	61	46,8±2,1	55
Белки животные, г	41,8±3,0	31	29,7±1,9	28
Жиры, г	74,9±5,7	65	53,3±2,9	57
НЖК, г	31,1±2,6		21,6±1,1	
МНЖК, г	33,1±2,8		21,0±1,3	
ПНЖК, г	14,9±1,4		9,9±1,0	
Линолевая кислота, г	13,7±1,3	(8–10 для омега-6 ПНЖК)	9,0±1,0	(8–10 для омега-6 ПНЖК)
Линоленовая кислота, г	0,6±0,1	(0,8–1,6 для омега-3 ПНЖК)	0,3±0,03	(0,8–1,6 для омега-3 ПНЖК)
Холестерин, г	0,5±0,1	<0,3	0,3±0,03	<0,3
Углеводы, г	226,8	280	192,1	242
Углеводы (без пищевых волокон), г	207,6±11,9		178,2±7,7	
Моно- и дисахариды, г	90,8±8,5		89,9±5,9	
Крахмал, г	116,7±6,8		88,3±3,8	
Пищевые волокна, г	19,2±1,4	20	13,9±0,8	20
Клетчатка, г	6,3±1,7		5,2±1,2	
Энергетическая ценность, ккал	1792±97,7	1950	1400±55,0	1700

Таблица 3. — Соотношение белков, жиров, углеводов в рационах

Возрастная группа	Пол	Соотношения нутриентов	
		фактические	рекомендуемые
Белки : Жиры : Углеводы (по массе)			
60–74 лет	м	1 : 1,19 : 3,55	1 : (0,8–1,0) : (3,5–4,0)
	ж	1 : 1,05 : 3,48	
75 лет и старше	м	1 : 1,16 : 3,50	
	ж	1 : 1,14 : 4,10	
Белки : Жиры : Углеводы (% от ЭЦ рациона)			
60–74 лет	м	14,5 : 38,9 : 46,6	(12–14) : (25–30) : (55–58)
	ж	15,3 : 36,0 : 48,7	
75 лет и старше	м	14,7 : 38,2 : 47,1	
	ж	13,6 : 34,7 : 51,7	

При оценке вклада нутриентов в структуру энергетической ценности рациона отмечено избыточное относительное содержание жиров во всех обследованных группах (34,7–38,9% от ЭЦ), особенно в рационах мужчин (38,2–38,9% от ЭЦ), повышенное относительное содержание общих белков (13,6–15,3% от ЭЦ), недостаточное содержание углеводов (46,6–51,7% от ЭЦ).

В структуре общих белков рационов всех обследованных групп отмечается избыточное относительное содержание животных белков (таблица 4). При этом в рационах женщин абсолютное количество животных белков соответствовало или незначительно превышало НФП, в рационах мужчин отмечалось существенное превышение рекомендуемых уровней потребления животных белков.

Таблица 4. — Относительное содержание животных белков в рационах

Возрастная группа	Пол	Соотношения нутриентов	
		фактические	рекомендуемые
Белки животные (% от белков общих)			
60–74 лет	м	61,6	55
	ж	64,1	
75 лет и старше	м	64,5	
	ж	63,5	

В рационах всех обследованных групп отмечали избыточное содержание жиров как относительно количества белка, так и относительно их вклада в энергетическую ценность (таблица 3).

Результаты оценки структуры жирового компонента по отношению к энергетической ценности рациона представлены в таблице 5.

Таблица 5. — Соотношение жирных кислот в рационах

Возрастная группа	Пол	Соотношения нутриентов	
		фактические	рекомендуемые
Жиры насыщенные (% от ЭЦ рациона)			
60–74 лет	м	15,4	не более 10
	ж	15,0	
75 лет и старше	м	15,9	
	ж	14,1	
Жиры мононенасыщенные (% от ЭЦ рациона)			
60–74 лет	м	17,0	около 10
	ж	15,0	
75 лет и старше	м	16,9	
	ж	13,7	
Жиры полиненасыщенные (% от ЭЦ рациона)			
60–74 лет	м	7,5	6–10
	ж	6,6	
75 лет и старше	м	7,6	
	ж	6,5	
Линолевая кислота (% от ЭЦ рациона)			
60–74 лет	м	6,9	5–8 (для омега-6 ПНЖК)
	ж	6,0	
75 лет и старше	м	7,0	
	ж	5,9	
Расчетное содержание омега-3 ПНЖК (% от ЭЦ рациона)			
60–74 лет	м	<0,6	1–2 (для омега-3 ПНЖК)
	ж	<0,6	
75 лет и старше	м	<0,6	
	ж	<0,6	

Приведенные данные свидетельствуют об избыточном относительном содержании насыщенных жирных кислот, играющих существенную роль в повышении риска развития болезней системы кровообращения и других, в рационах всех обследованных групп (14,1–15,9% от ЭЦ рациона). Относительное содержание мононенасыщенных жирных кислот в рационах также выше рекомендуемого уровня. Относительное содержание суммы полиненасыщенных жирных кислот (6,5–7,6% от ЭЦ рациона) находится в пределах рекомендуемого диапазона показателя (6–10% от ЭЦ рациона). Абсолютные и относительные количества линолевой кислоты в рационах обследованных групп свидетельствуют о достаточном потреблении омега-6 жирных кислот.

Разница между относительными (% от ЭЦ рациона) уровнями содержания полиненасыщенных жирных кислот и содержания линолевой кислоты, относящейся к омега-6 ПНЖК, составляет менее 0,6% от ЭЦ рациона, что косвенно указывает на недостаточное потребление омега-3 жирных кислот, рекомендуемый уровень которых составляет 1–2% от ЭЦ рациона.

Вклад простых и сложных усвояемых углеводов в структуру углеводного компонента рациона представлен в таблице 6. Приведенные данные свидетельствуют об избыточном потреблении всеми обследованными группами лиц пожилого возраста простых легкоусвояемых углеводов и недостаточном потреблении продуктов, содержащих сложные углеводы.

Таблица 6. — Соотношение углеводных компонентов в рационах

Возрастная группа	Пол	Соотношения нутриентов	
		фактические	рекомендуемые
Моно- и дисахариды (% от общих углеводов, включая пищевые волокна)			
60–74 лет	м	38,5	20
	ж	44,7	
75 лет и старше	м	40,0	
	ж	46,8	
Крахмал (% от общих углеводов, включая пищевые волокна)			
60–74 лет	м	52,2	75
	ж	46,9	
75 лет и старше	м	51,5	
	ж	46,0	

**Заключение.** Результаты анализа указывают на наличие выраженного дисбаланса макронутриентов в рационах обследованных лиц старших возрастных групп по следующим направлениям: повышенное, по сравнению с рекомендуемым уровнем, относительное содержание животных белков в структуре общих белков; избыточное относительное содержание общих жиров за счет высокого содержания насыщенных жирных кислот, мононенасыщенных жирных кислот; недостаточное относительное содержание омега-3 полиненасыщенных жирных кислот; избыточное содержание простых сахаров; недостаточное содержание сложных углеводов.

Указанные характеристики свидетельствуют о необходимости коррекции рационов питания лиц пожилого возраста в части увеличения потребления продуктов на основе злаковых и бобовых культур, являющихся поставщиками растительных белков и сложных углеводов, овощей, фруктов, являющихся поставщиками пищевых волокон, продуктов, являющихся источниками омега-3 ПНЖК, сокращения потребления животных продуктов с высоким содержанием насыщенных жиров, продуктов с высоким содержанием жира и сахара.

Результаты исследований использованы при разработке Инструкции по применению «Метод коррекции питания лиц старших возрастных групп», утвержденной заместителем Министра здравоохранения – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 7 апреля 2016 г., рег. № 032-1215.

#### Литература

1. Пилипцевич, Н.Н. Методология анализа демографических показателей в системе здравоохранения / Н.Н. Пилипцевич, Т.П. Павлович // *Вопр. организации и информатизации здравоохранения.* — 2007. — № 4. — С. 29–34.
2. Мартинчик, А.Н. Общая нутрициология: учеб. пособие / А.Н. Мартинчик, И.В. Маев, О.О. Янушевич. — М.: МЕДпресс-информ, 2005. — 392 с.
3. СанПиН Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь от 20.11.2012 № 180. — Минск, 2015. — 21 с.
4. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: метод. рекомендации. — М, 2008. — 40 с.

#### ASSESSMENT OF THE DIETARY MACRONUTRIENTS BALANCE AMONG ELDERLY PEOPLE

*Kedrova I.I., Durmanava S.A., Slavinsky A.V., Fedoranko E.V.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The organism supporting with nutrients in optimal ratios which are adequate to its physiological needs is one of the key factors in preservation of health within older persons groups. The article presents survey results of actual nutrition among 276 men and women aged 60 years and above. The performed calculation of the dietary macronutrient composition of the studied elderly people indicates that the relative content of animal protein in the total protein content is increased as compared to the recommended level. Also the relative content of total fat is excessive due to the high content of saturated fatty acids and monounsaturated fatty acids. The analysis has also demonstrated the insufficient relative content of omega-3 polyunsaturated fatty acids, the excess content of simple sugars, and the insufficient content of complex carbohydrates.

**Keywords:** elderly people, actual nutrition, macronutrients.

Поступила 19.07.2016

#### ОСНОВНОЙ ОБМЕН КАК МЕТОД ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ ПИТАНИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ СПОРТСМЕНОВ

*Лавинский Х.Х.<sup>1</sup>, Борисевич Я.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Среднесуточные рационы питания спортсменов-футболистов адекватны их физиологическим потребностям. Уровень их общей физической подготовленности соответствует установленным нормативам. Средние значения вели-

чины основного обмена у футболистов-юношей равны 1637–1891 ккал/сут, удельного основного обмена — 1,162–1,175 ккал/кг×ч, а у футболистов-юниоров они составляют соответственно 2029–2096 ккал/сут и 1,110–1,136 ккал/кг×ч. Указанные выше величины основного обмена у спортсменов и отсутствие резких изменений его значения свидетельствуют об адекватности среднесуточных рационов питания физиологическим потребностям организма, соответствия физических нагрузок функциональному состоянию и указывают на правильный выбор спортивной специализации. Полученные данные использованы при разработке метода гигиенической оценки статуса питания спортсменов, который включает в себя определение комплекса чувствительных интегральных показателей, одним из которых является величина основного обмена.

**Ключевые слова:** основной обмен, адекватность питания, питание спортсменов, питание при физических нагрузках.

**Введение.** Величина основного обмена отражает расход энергии, необходимой для поддержания жизнедеятельности, и повышается с увеличением массы тела. Существенное влияние на величину основного обмена оказывает не только абсолютное значение массы тела, но и показатели состава тела: тощая масса тела и количество жировой ткани в организме. У атлетически сложенных мужчин величина основного обмена выше примерно на 5%, чем у мужчин, имеющих такую же массу тела и одинаковый рост [1]. Повышение уровня основного обмена у хорошо тренированных людей обусловлено увеличением доли мышечной ткани в структуре тела [2]. По данным Е.М. Берковича [3], интенсивность обмена веществ в жировой ткани в 3 раза ниже, чем в остальных тканях организма, поэтому при снижении содержания жира в организме, которое может быть обусловлено высокими энергетическими затратами, интенсивность обмена веществ в расчете на 1 кг массы тела увеличивается [4]. Длительные физические нагрузки средней и высокой интенсивности, которые наблюдаются у спортсменов-профессионалов, приводят к увеличению у них тощей массы тела, вследствие этого интенсивность основного обмена возрастает на 8–14%. Этот факт необходимо учитывать при определении суточных энергозатрат у спортсменов. Кроме того, величина основного обмена изменяется в процессе адаптации организма к рациону питания и физическим нагрузкам [5]. Отсутствие резких изменений уровня основного обмена свидетельствует об адекватности фактического питания физиологическим потребностям организма, а также отражает соответствие интенсивности физических нагрузок функциональным возможностям спортсмена. Однако как показал анализ научных публикаций, до настоящего времени величина основного обмена не использовалась в качестве интегрального и репрезентативного показателя адекватности фактического питания физиологическим потребностям организма и соответствия физических нагрузок функциональным возможностям организма спортсменов.

**Цель работы** — обоснование использования величины основного обмена для оценки адекватности питания и физической нагрузки у спортсменов.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлись 110 футболистов-юношей, средний возраст которых составил  $16,02 \pm 0,05$  года: 48 учащихся Республиканского государственного училища олимпийского резерва (РГУОР), 34 футболиста юношеской команды клуба «Динамо» (г. Минск), 28 спортсменов из Республиканского центра олимпийской подготовки по футболу БГУ (РЦОП); а также 22 футболиста юниорской сборной Беларуси (средний возраст —  $18,5 \pm 0,2$  года) — всего 132 человека.

Учащиеся РГУОР обеспечиваются пятиразовым питанием в столовых училища. Футболисты юношеской команды «Динамо» (г. Минск) второй завтрак и обеденный прием пищи организованно получают в школе, а первый завтрак, полдник и ужин — дома. Спортсмены-юноши, проходящие подготовку в РЦОП по футболу БГУ, питаются дома.

Оценка фактического питания футболистов-юношей РГУОР и из команды «Динамо» (г. Минск) осуществлялась методом анализа недельных меню-раскладок пищевых продуктов, а спортсменов из команды «Динамо» — дополнительно анкетно-опросным методом. Фактическое питание футболистов-юношей РЦОП по футболу БГУ изучали методом 24-часового воспроизведения фактического питания [6].

Исследования динамики основного обмена футболистов юниорской сборной Беларуси проведены в ходе двухнедельного учебно-тренировочного сбора.

Величина основного обмена определялась утром, в расслабленном состоянии, при комнатной температуре с помощью биоимпедансного анализатора «Tanita-418».

Для оценки общей физической подготовленности футболистов-юношей изучались результаты функциональных тестов: время бега на 10 (15) и 30 м, прыжок с места вверх и прыжок с места в длину.

Состояние биохимического гомеостата организма футболистов-юношей исследовали путем определения величины экскреции с мочой азотистых веществ: общего азота (по Кьельдалю), азота мочевины (диацетилмонооксимным методом), креатинина (по кинетическому варианту метода Яффе), мочевой кислоты (ферментативно с уриказой) и азота свободных аминокислот (по реакции с нингидриновым реактивом). Рассчитывали азотистые индексы: показатель белкового питания, креатининовый коэффициент, отношение азота креатинина к общему азоту, отношение азота креатина к азоту мочевины. Для оценки обеспеченности футболистов-юношей минеральными веществами исследовали величины экскреции с мочой кальция (фотометрически с глюкосаль-бис (2-гидроксианилом), фосфора (фотометрически с ванадатом и молибдатом аммония), магния (фотометрически с магоном), железа (фотометрически с батофенатролином) [6].

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследования фактического питания футболистов изложены в таблице 1.

Энергетическая ценность среднесуточных рационов питания спортсменов-футболистов адекватна величине их суточных энергозатрат. Рацион учащихся РГУОР имеет резерв пищевой энергии (около 9%) за счет жиров и углеводов, который способствует поддержанию энергетического баланса в период интенсивных физических нагрузок. Нутриентный состав среднесуточных рационов питания футболистов-юношей характеризуется содержанием адекватного количества белков, в т. ч. белков животного происхождения. Количество углеводов в рационах питания спортсменов-футболистов соответствовало рекомендуемому для спортсменов уровню потребления углеводов. Среднесуточные рационы питания спортсменов-футболистов характеризовались относительно высоким избытком жиров, при этом доля жиров растительного происхождения в общем количестве жиров соответствует физиологической норме. Доля метаболической энергии, поступающей в организм за счет утилизации белков, жиров и углеводов, и их соотношение по массе несколько отличались от рекомендуемых значений за счет относительно меньшей доли углеводов. Увеличение по сравнению с установленной величиной доли пищевой энергии, поступающей за счет жиров, является особенностью питания спортсменов-футболистов не только в нашей стране,

но также имеет место в Испании (G. Garrido, 2007; P.M. García-Rovés, 2014; F. Ruiz, 2005), Италии (R. Caccialanza, 2007) и Великобритании (M. Russell, 2011).

Таблица 1. — Энергетическая ценность, нутриентный и микронутриентный состав среднесуточных рационов питания футболистов-юношей (M±m)

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение		
		РГУОР, n = 48	Динамо, n = 21	РЦОП, n = 14
Суточные энерготраты, ккал	2800–3000	3275,5±45,6	3232,7±34,6*	3071,8±62,1
Энергетическая ценность рациона питания, ккал	2550–3685	3557,6±135,0	2902,3±127,3*	2949,5±275,0
Белки, г	89–131	128,6±5,9	89,1±6,6	95,1±8,2
Доля белков животного происхождения, %	60 и более	61,6	65,0	59,3
Белки, г/кг МТ	1,4–2,0	2,0	1,4	1,5
Жиры, г	102–117*	139,5±9,2*	124,4±7,2	115,1±12,6
Доля жиров растительного происхождения, %	25–30	28,9	31,8	32,4
Углеводы, г	318–527	445,8±19,1	359,4±16,8	378,2±38,9
Углеводы, г/кг МТ	5–8	6,8	5,5	5,9
Соотношение Б:Ж:У по массе	1:1:4	1:1,1:3,5	1:1,4:4,0	1:1,2:4,0
Доля энергетической ценности Б:Ж:У, %	12–15:30–32:54–56	14,5:35,3:50,1	12,0:38,6:49,4	13,0:35,5:51,4
Ретиноловый эквивалент, мг	1,0	2,02±0,68	0,94±0,20	0,57±0,14*
Тиамин, мг	1,5*	2,05±0,16*	1,48±0,07	1,47±0,16
Рибофлавин, мг	1,8*	2,16±0,20	1,58±0,19	1,32±0,13*
Ниацин, мг	20*	24,56±1,38*	17,49±1,01*	19,05±1,73
Аскорбиновая кислота, мг	90*	200,65±15,92*	138,02±13,90*	116,29±27,74
Натрий, мг	–	3492,5±207,9	2061,5±175,3	1900,2±206,0
Калий, мг	2500*	5019,7±212,4*	3840,1±220,5*	3625,8±366,7*
Кальций, мг	1200*	1056,6±98,3	779,2±115,7*	581,3±62,0*
Магний, мг	400*	492,7±94,1	330,7±24,5*	360,7±42,1
Фосфор, мг	1200*	2010,2±26,4*	1422,0±120,0	1381,5±119,4
Соотношение кальций : магний	1:0,3	1:0,47	1:0,4	1:0,62
Соотношение кальций : фосфор	1:1	1:1,9	1:1,8	1:2,38
Железо, мг	15*	29,3±2,7*	17,8±1,5	19,6±2,5
Примечание — * — различия между физиологической потребностью и фактическим потреблением статистически значимы на уровне p<0,05.				

Количество витаминов в среднесуточных рационах питания удовлетворяет физиологические потребности организма спортсменов-футболистов в ретиноле, рибофлавине (кроме рациона юных спортсменов РЦОП, в котором количества ретинола и рибофлавина несколько ниже норм физиологической потребности), тиамине, аскорбиновой кислоте, ниацине (в рационе футболистов-юношей команды «Динамо» количество ниацина несколько ниже нормы физиологической потребности).

Минеральные вещества — калий, фосфор, железо и магний (в рационе игроков юношеской команды «Динамо» количество магния несколько ниже нормы физиологической потребности) — содержались в среднесуточных рационах питания футболистов-юношей в достаточных количествах. Количество кальция в пищевых рационах футболистов-юношей команды «Динамо» и РЦОП несколько снижено по сравнению с физиологической нормой. Пониженное содержание кальция и магния отмечается также и в среднесуточных рационах питания российских футболистов (А.В. Скальный, 2005).

Результаты исследования показателей белкового обмена у спортсменов-футболистов представлены в таблице 2.

Медианные значения показателя белкового питания у спортсменов-футболистов составляли 88,1–95,3%, что соответствует оптимальному уровню белкового питания. На адекватное обеспечение организма футболистов-юношей белком указывают и данные экскреции с мочой креатинина (14,75–16,59 мкмоль/л), аминокислот азота (1,58–1,65 мг/100 мл), а также значения креатининового коэффициента (26,69–28,39 мг/кг) и азотистых индексов: отношения азота креатинина к азоту мочевины (0,12–0,16), отношения азота креатинина к общему азоту (0,04–0,05).

Результаты исследования минерального статуса организма спортсменов-футболистов изложены в таблице 3.

Таблица 2. — Показатели ренальной экскреции азотистых веществ (медиана, интерквартильный размах) у спортсменов-футболистов

Показатели	Физиологическая норма	Группа наблюдения		
		РГУОР, n = 48	«Динамо», n = 16	РЦОП, n = 10
Азот белков, содержащихся в среднесуточном рационе питания, г	14,72–19,68	20,58±0,94 *	14,26±1,06*	15,22±1,31*
Общий азот мочи, г/л	6,6–18	16,73* (13,42–19,05)	12,53* (12,09–15,61)	12,32* (11,00–14,42)
Мочевина, ммоль/л	330–580	523,3* (406,9–648,9)	431,1* (371,7–535,2)	383,0* (333,0–432,9)
Креатинин, мкмоль/л	3,5–22	15,06 (12,19–16,13)	14,75 (11,80–15,73)	16,59 (11,06–17,70)
Аминный азот, мг/100 мл	0,357–1,428	1,65 (1,50–1,72)	1,65 (1,53–1,83)	1,58 (1,50–1,65)
Мочевая кислота, мг/100мл	37–92	39,17* (27,22–48,57)	23,57* (21,43–25,71)	27,27* (27,27–27,27)
Показатель белкового питания, %	≥90	95,3 (85,8–97,6)	94,3 (90,4–96,3)	88,1 (81,2–92,9)
Креатининовый коэффициент, мг/кг	18–32	27,36 (22,70–30,77)	26,69 (22,17–29,58)	28,39 (24,82–34,83)
Азот креатинина/Азот мочевины	0,04–0,15	0,12* (0,10–0,15)	0,13* (0,11–0,15)	0,16* (0,14–0,18)
Азот креатинина/общий азот мочи	0,03–0,06	0,04 (0,03–0,05)	0,05 (0,04–0,05)	0,05 (0,05–0,06)

Примечание — \* — различия между физиологической потребностью и фактическим потреблением статистически значимы на уровне  $p < 0,05$ .

Таблица 3. — Показатели ренальной экскреции минеральных веществ (медиана, интерквартильный размах) у спортсменов-футболистов

Показатели	Физиологическая норма	Группа наблюдения		
		РГУОР, n = 48	«Динамо», n = 16	РЦОП, n = 10
Кальций, ммоль/сут	до 7,2	0,54* (0,48–0,64)	0,77* (0,68–0,81)	0,76* (0,60–0,87)
Фосфор, ммоль/л	13–44	13,5* (12,17–15,58)	11,75* (11,29–12,59)	16,04* (15,09–16,51)
Магний, ммоль/л	1,7–5,7	3,7* (3,3–4,1)	0,94* (0,76–1,03)	0,73* (0,65–1,00)
Железо, мкмоль/сут	0,5–8,0	14,06* (9,1–25,5)	4,97* (3,48–6,71)	6,00* (4,77–7,16)

Примечание — \* — различия между группами наблюдения статистически достоверны на уровне значимости  $p < 0,001$ .

Уровень экскреции кальция с мочой у футболистов-юношей составлял 0,54–0,77 ммоль/сут, магния — 0,73–3,7 ммоль/сут, фосфора — 11,75–16,04 ммоль/сут, а железа — 4,97–14,06 мкмоль/сут. Показатели экскреции минеральных веществ с мочой согласуются с данными исследования фактического питания.

Уровень общей физической подготовленности футболистов-юношей соответствует установленным нормативам (таблица 4).

Таблица 4. — Показатели общей физической подготовленности футболистов-юношей РГУОР, команды «Динамо», РЦОП (M±m)

Показатель	Норматив	Фактическое значение		
		РГУОР, n = 30	«Динамо», n = 21	РЦОП, n = 21
Бег 10 м, с	1,77–2,06	–	1,99±0,02	1,94±0,03
Бег 15 м, с	2,35–2,80	2,58±0,02	–	–
Бег 30 м, с	4,17–4,98	4,51±0,03	4,62±0,02	4,47±0,03
Прыжок в длину, см	205–250	224,4±2,3	220,8±1,7	233,3±2,0
Прыжок вверх, см	38,2–55,9	43,4±0,9	43,4±1,1	46,8±0,4

Величина основного обмена (медиана, интерквартильный размах) у учащихся из РГУОР составляет 1891 (1790–1934) ккал/сут, у футболистов юношеской команды «Динамо» — 1881 (1775–1948) ккал/сут, у спортсменов РЦОП — 1637 (1593–2181) ккал/сут. Так как у юных футболистов из групп наблюдения имеются различия в величине массы тела, значения основного обмена рассчитывались на 1 кг массы тела в 1 ч (удельная величина основного обмена). Результаты расчета показали, что удельная величина основного обмена у учащихся РГУОР равна 1,162 (1,151–1,174) ккал/кг×ч, у футболистов юношеской команды «Динамо» — 1,175 (1,158–1,208) ккал/кг×ч, спортсменов из РЦОП — 1,174 (1,125–1,227) ккал/кг×ч.

Установленные величины основного обмена у юных спортсменов из РГУОР, юношеской команды «Динамо» и спортсменов РЦОП свидетельствуют об адекватности энергетической ценности и нутриентного состава среднесуточного рациона питания физиологическим потребностям организма спортсменов-футболистов. Кроме того, показатели уровня основного обмена у футболистов-юношей являются свидетельством адекватности физических нагрузок функциональному состоянию организма и дополнительно подтверждают правильность выбора спортивной специализации.

Для изучения динамики величины основного обмена у спортсменов были изучены его колебания у спортсменов-футболистов из юниорской сборной Беларуси, которые находились на двухнедельном учебно-тренировочном сборе.

Средние значения величины основного обмена и удельного основного обмена (рисунок) у футболистов-юниоров на протяжении учебно-тренировочного сбора практически не изменились, в 1-й день они составляли 2071±31 ккал/сут и 1,121 (1,103–1,140) ккал/кг×ч соответственно, а на 14-й день — 2085±31 ккал/сут и 1,128 (1,104–1,148) ккал/кг×ч. Различия между величинами удельного основного обмена в первый и последний дни сборов составляли 0,9% (Z-критерий 2,12; p = 0,03).

Минимальное значение величины удельного основного обмена у игроков юниорской сборной отмечено на шестой день тренировочного сбора: 1,110 (1,091–1,135) ккал/кг×ч, а максимальное — на тринадцатый день: 1,136 (1,110–1,148) ккал/кг×ч.

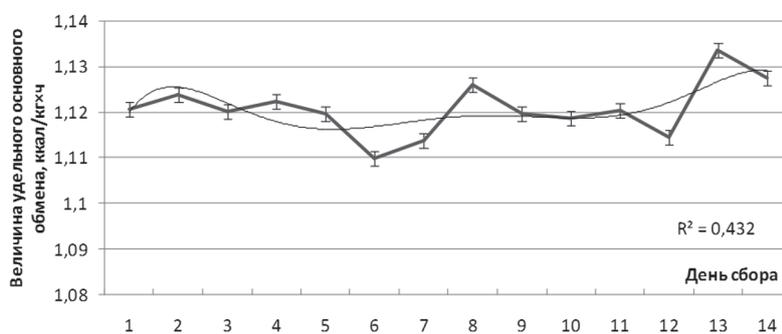


Рисунок — Динамика удельного основного обмена у футболистов

Отсутствие существенных изменений в динамике уровня основного обмена свидетельствует об адекватности энергетической ценности среднесуточного рациона питания физическим нагрузкам по суточным энергозатратам футболистов-юниоров во время тренировочных сборов.

**Заключение.** В результате исследования установлено, что среднесуточные рационы питания спортсменов-футболистов являются адекватными их физиологическим потребностям. Уровень общей физической подготовленности спортсменов-футболистов соответствует установленным нормативам.

Средние значения величины основного обмена у футболистов-юношей равны 1637–1891 ккал/сут, удельного основного обмена — 1,162–1,175 ккал/кг×ч, а у футболистов-юниоров, соответственно, 2029–2096 ккал/сут и 1,110–1,136 ккал/кг×ч.

Указанные выше величины основного обмена у спортсменов и отсутствие резких изменений его значения свидетельствуют об адекватности среднесуточных рационов питания физиологическим потребностям организма, соответствии физических нагрузок функциональному состоянию и указывают на правильный выбор спортивной специализации.

Данные, полученные нами в ходе исследования, были использованы при разработке метода комплексной гигиенической оценки статуса питания спортсменов, который включает в себя определение комплекса чувствительных интегральных показателей, отражающих индивидуальный статус питания спортсменов, одним из которых является величина основного обмена [7].

#### Литература

1. Benedict, F.G. Age and basal metabolism of adults / F.G. Benedict // *Am. J. Physiol.* — 1928. — Vol. 85, № 1. — P. 607–620.
2. The influence of physical activity on BMR / A.M. Sjödín [et al.] // *Med. Sci. Sports Exerc.* — 1996. — Vol. 28, № 1. — P. 85–91.
3. Беркович, Е.М. Энергетический обмен в норме и патологии / Е.М. Беркович. — М.: Медицина, 1964. — 332 с.
4. Бузник, И.М. Энергетический обмен и питание / И.М. Бузник. — М.: Медицина, 1978. — 335 с.
5. Логаткин, М.Н. Основной обмен при субкалорийном питании и выполнении физической работы / М.Н. Логаткин, Х.Х. Лавинский // *Материалы конф., посвящ. 100-летию каф. общ. и воен. гигиены / Воен. мед. акад. им. С. М. Кирова.* — Л., 1971. — С. 110–111.
6. Методические рекомендации по оценке состояния питания детей и подростков в учебно-воспитательных учреждениях / М-во здравоохран. Респ. Беларусь; авт.-сост.: Х.Х. Лавинский, Н.Л. Бацукова, И.И. Кедрова. — Минск, 1997. — 43 с.
7. Метод гигиенической оценки статуса питания спортсменов игровых видов спорта : инструкция по применению № 006-0514: утв. М-вом здравоохран. Респ. Беларусь 02.06.2014 / Разраб. Х.Х. Лавинский, Я.Н. Борисевич. — Минск, 2014. — 17 с.

## THE BASAL METABOLISM AS THE METHOD OF NUTRITIONAL ADEQUACY AND PHYSICAL ACTIVITY ASSESSMENT IN ATHLETES

Lavinckii Ch.Ch.<sup>1</sup>, Borisevich Y.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus

The average daily food rations of footballers are adequate to their physiological requirements. The level of physical fitness of footballers is relevant to the established standards. The average values of the basal metabolism of young footballers are 1637–1891 kcal/day and the specific basal metabolism are 1.162–1.175 kcal/kg×h. The average values of the basal metabolism and the specific basal metabolism of junior footballers are 2029–2096 kcal/day and 1.110–1.136 kcal/kg×h accordingly. The above values of basal metabolism and the absence of abrupt changes of its values indicate the adequacy of the average daily food rations to physiological requirements of the organism, the compliance of physical activity to the functional state and the correct choice of athletic specialization. The obtained data have been used for development of the method of hygienic assessment of athletes nutritional status, which includes the determination of the complex of sensitive integral indicators such as the value of the basal metabolism.

**Keywords:** basal metabolism, nutritional adequacy, nutrition of athletes, physical activity nutrition.

Поступила 18.07.2016

## ЭНДОГЕННЫЕ ПОТЕРИ БЕЛКОВ ПАЦИЕНТАМИ С ХРОНИЧЕСКИМ ПАНКРЕАТИТОМ

Лавинский Х.Х.<sup>1</sup>, Рябова Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В научном исследовании по результатам оценки степени выраженности катаболических процессов и величине потерь эндогенных белков проведена оценка эффективности нутритивной поддержки пациентов с хроническим панкреатитом (ХП). У пациентов первой группы, которые потребляли традиционную лечебную диету «П», наблюдались выраженные катаболические процессы и наибольшие потери эндогенных белков. Нарушение энергетического баланса организма у них отмечалось в течение всего времени пребывания в стационаре: в первый период стационарного лечения некомпенсированный энергетический дефицит наблюдался у всех пациентов данной группы, а во время второго периода субкомпенсированный энергетический дефицит был зарегистрирован у 20% пациентов данной группы. Пациенты второй группы получали модифицированную диету «П» — «щадящий вариант» (П-ЩВ). По сравнению с пациентами первой группы степень выраженности катаболического стресса и потери эндогенных белков у них были меньше. Использование для лечебного питания полуэлементной смеси на фоне диеты П-ЩВ пациентами третьей группы способствовало предотвращению развития катаболических процессов и потерь эндогенных белков к 4–5-м сут стационарного лечения.

**Ключевые слова:** статус питания, хронический панкреатит, эндогенный белок.

**Введение.** Достижения в области клинической диетологии и смежных областях медицинской науки изменили представление о роли питания в лечении главных неинфекционных болезней. Результаты научных исследований позволили определить новое направление в лечении болезней — метаболическое. Парадигмой метаболического направления является положение, согласно которому главными механизмами восстановления нарушенного болезнью гомеостаза служат обмен веществ и обмен энергии. При этом лечебное питание и, в частности функциональное, специализированное питание, становится мощным лечебным фактором [1].

Установлено, что большинство хирургической патологии сопровождается стойкими нарушениями гомеостаза. Пациент в течение ограниченного времени (нескольких часов, а иногда и минут) может потерять большое количество эндогенных белков, микронутриентов, других биологически активных веществ и воды. По данным А.П. Колесова и В.И. Немченко, полученным на основании наблюдения более чем 800 послеоперационных пациентов, величина отрицательного азотистого баланса в среднем составляла: в первые 3–4 сут после операции по поводу аппендэктомии 5 г/сут, что соответствует потерям эндогенных белков, равным 31 г/сут, после резекции желудка — 12 г (потери белка — 75 г), у пациентов с острой печеночной недостаточностью — 23 г (потери белка — 144 г). Серьезные изменения в обмене наблюдаются при ожогах и хирургических инфекциях. Потери тканевых белков при ожогах, площадью до 60 % поверхности тела, достигают 200–250 г/сут (ФАО/ВОЗ, 1966; Р.А. Криворучко, 1972). При энтероколитах отрицательный азотистый баланс достигает 14 г/сут, а потери эндогенных белков — 88 г/сут (Л.М. Крумс, 1967) [2]. Причинами нарушений статуса питания при указанных выше патологических состояниях могут быть расстройства функционального состояния органов, участвующих в пищеварении: у пациентов с ХП — расстройства эндокринной и экзокринной функций поджелудочной железы. Белково-энергетическая недостаточность (БЭН), характерная для пациентов с ХП, обусловлена катаболическими процессами, синдромом мальабсорбции. При БЭН резко снижается секреция панкреатических ферментов, что способствует потере массы тела и истощению белковых структур организма в связи с усилением синдрома мальабсорбции. В метаболическом конвейере формируется своеобразный порочный круг. Катаболические процессы приводят к расстройству метаболизма, а нарушения в обмене веществ и энергии, в свою очередь, к усугублению недостаточности питания [3].

**Цель работы** — оценка эффективности нутритивной поддержки пациентов с ХП по результатам исследования степени выраженности катаболических процессов и величине потерь эндогенных белков.

**Материалы и методы.** С января 2013 г. по декабрь 2014 г. на базе отделения хирургической гепатологии УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» г. Минска нами было обследовано 110 пациентов с ХП мужского пола. Исходя из характера нутритивной (метаболической) поддержки пациенты были поделены на 3 группы (первые две группы — по 35 пациентов, третья группа — 40 пациентов). Тяжесть субъективного и объективного состояния пациентов обуславливает деление стационарного лечения на два периода: 1–4 сут соответствовали первому периоду стационарного лечения, последующие сутки стационарного лечения пациентов (первой группы — 12,0 (10,0–13,0) сут, второй — 10,0

(9,0–12,0) сут, третьей группы — 7,0 (6,0–8,0) сут) — второму периоду лечения. Питание пациентов первой группы (группа сравнения) было традиционным: во время 1–4-х сут — голодали, с 5-х сут — применяли диету «П». Пациенты второй группы использовали диету П-ЩВ, а пациенты третьей группы на фоне диеты П-ЩВ применяли специализированный продукт лечебно-диетического питания (полуэлементную смесь). В 100 мл смеси содержится гидролизат белка молочной сыворотки — 9,4 г (25% ккал); крахмал и мальтодекстрин — 14 г (37% ккал), жиры (в т. ч. среднепечечные триглицериды) — 6,5 г (38% ккал). В ее состав (1000–1500 мл) входит достаточное количество витаминов и микроэлементов для обеспечения 100% суточной потребности в микронутриентах. Группы были сопоставимы по возрастному составу (возраст пациентов первой группы — 45,0 (36,0–55,0) лет, второй группы — 42,0 (38,0–52,0) года и третьей группы — 43,5 (37,0–55,5) года), нозологическим формам заболевания, исходным величинам экскреции общего азота, креатинина с мочой, креатининового коэффициента (КК). Длительность стационарного лечения пациентов первой группы составляла 16,0 (14,0–17,0) сут, второй группы — 14,0 (13,0–16,0) сут, третьей группы — 11,0 (10,0–12,0) сут.

Изучение фактического питания пациентов в течение стационарного лечения проводилось ежесуточно методом гигиенического анализа дневных меню-раскладок, объемно-весовым и опросным методами, путем анализа листов назначений. Экскрецию общего азота с мочой исследовали методом Кьельдаля. Экскрецию креатинина с мочой определяли на автоматическом анализаторе Olympus AU680 (методом Яффе без компенсации). Состав тела (тощую — ТМТ, жировую массу тела — ЖМТ), активную клеточную массу (АКМ) определяли методом биоимпедансного анализа. Забор мочи на исследование и анализ массы и состава тела осуществляли в динамике лечения. Азотистый баланс и катаболический индекс (КИ) рассчитывали по соответствующим формулам.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы Statistica 10.0. Количественные признаки описывали медианой и интерквартильным размахом (25–75%). При проверке достоверности различий между группами показателей использовали непараметрические методы оценки данных. Для сравнения двух независимых групп показателей между собой по количественным признакам использовали критерий Манна-Уитни (U). Различия между тремя зависимыми группами показателей определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа Фридмана ( $\chi^2$ ), различия между двумя зависимыми группами показателей оценивали по ранговому критерию Вилкоксона (T). При анализе качественных данных для оценки значимости различий использовали критерий соответствия ( $\chi^2$ ) или критерий Фишера (F). Полученные различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Пациенты *первой группы* во время 1–4-х сут (первый период лечения) стационарного лечения не принимали пищу. Поступление углеводов с парентеральным питанием (раствором глюкозы) соответствовало 10,7 (9,4–11,8)% от суточных потребностей. Энергетический дефицит организма составил 3176,6 (2758,5–3536,5) ккал/сут и отнесен к некомпенсированному (более 2000 ккал/сут). Учитывая практически полное отсутствие в данный период поступления макронутриентов в организм пациентов первой группы, можно констатировать, что пациенты находились в состоянии полного голодания.

С 5-х сут и до момента выписки из стационара (второй период) пациенты применяли диету «П». При этом поступление энергии составило 1537,3 (1421,9–1657,5) ккал/сут. Среднесуточные потребности были равны 2496,6 (2274,7–2830,1) ккал/сут. Суточный энергетический дефицит во второй период лечения составил 959,3 (852,8–1172,6,0) ккал/сут, что свидетельствовало о компенсированном энергетическом дефиците (менее 1000 ккал/сут) у 28 (80%) пациентов и субкомпенсированном (от 1000 до 2000 ккал/сут) — у 7 (20%) пациентов. Фактическое поступление белков с рационами питания было равно 53,7 (47,7–68,6)% от среднесуточных потребностей, жиров — 59,6 (53,7–74,4)%, углеводов — 62,8 (53,7–71,6)% от среднесуточных потребностей.

В ходе исследования установлено, что уменьшение массы тела у пациентов первой группы к концу первого периода стационарного лечения (к 5-м сут) на 1,6 (1,5–1,7) кг происходило за счет потерь ТМТ — уменьшилась на 0,9 (0,8–1,2) кг, в меньшей степени за счет ЖМТ — на 0,6 (0,4–0,7) кг ( $U = 84,5$ ;  $p < 0,01$ ), что обусловлено полным голоданием пациентов в течение данного периода. Уменьшение массы тела пациентов к концу второго периода стационарного лечения на 1,2 (1,0–1,3) кг произошло за счет потерь жира — на 0,7 (0,6–1,0) кг и в меньшей степени за счет ТМТ — на 0,4 (0,2–0,6) кг ( $U = 99,0$ ;  $p < 0,01$ ).

Значение КИ у пациентов первой группы во время полного голодания увеличивалось: с 10,8 (8,8–12,2) — на 1–2-е сут до 13,8 (11,7–15,6) — на 4–5-е сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ) и свидетельствовало о наличии у всех пациентов группы выраженного катаболического стресса. В результате применения диеты «П» установлено значимое снижение уровня КИ с 13,8 (11,7–15,6) до 4,8 (3,5–7,0) ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ), что свидетельствовало о наличии выраженного катаболического стресса у 12 (34,3 %) пациентов, умеренного — у 23 (65,7 %) пациентов ( $\chi^2 = 6,9$ ;  $p < 0,05$ ).

Уровень экскреции общего азота с мочой у пациентов первой группы во время полного голодания увеличился с 16,5 (14,2–18,1) до 19,8 (17,3–21,9) г/сут к 5-м сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ). Затем в течение второго периода лечения значительно снизился с 19,8 (17,3–21,9) до 14,6 (13,3–16,6) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ). Установлено статистически значимое увеличение значения отрицательного азотистого баланса у пациентов первой группы во время полного голодания с -16,5 (14,2–18,1) до -19,8 (17,4–21,9) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ), что свидетельствовало о наличии у 35 (100 %) пациентов тяжелой степени БЭН. Величина азотистого баланса в ходе второго периода стационарного лечения (применение диеты «П») значительно снизилась до -5,5 (3,5–8,4) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ): средняя степени БЭН определена у 19 (54,3%) пациентов, легкая степень — у 16 (45,7%) пациентов ( $p > 0,05$ ).

Пациенты *второй группы* на протяжении стационарного лечения применяли П-ЩВ. Поступление энергии с рациона питания во время первого периода стационарного лечения составило 1075,4 (969,4–1176,5) ккал/сут. Среднесуточные потребности равны 2298,2 (2219,7–2648,2) ккал/сут. Энергетический дефицит был субкомпенсированным — 1250,3 (1222,8–1471,7) ккал/сут, что обусловлено отсутствием аппетита у пациентов и страхом приема пищи на фоне болевого абдоминального синдрома. Установили недостаточное поступление с рационом питания в этот период белков — 24,5 (17,6–36,5)% от среднесуточных потребностей, жиров — 21,9 (15,4–29,9)% и углеводов — 61,2 (52,5–66,7)% от среднесуточных потребностей.

Поступление энергии с пищей у пациентов второй группы в течение второго периода стационарного лечения составило 1794,1 (1709,4–1961,9) ккал/сут. Среднесуточные потребности равны 2107,2 (1971,2–2275,8) ккал/сут. Энергетический

дефицит в данный период стационарного лечения составил 313,6 (261,8–344,7) ккал/сут, что свидетельствовало о компенсированном энергетическом дефиците. Количество фактически поступивших белков с рационом питания пациентов в течение второго периода стационарного лечения составило 75,3 (69,5–85,9)% от среднесуточных потребностей, жиров — 84,1 (75,1–99,4)%, углеводов — 89,6 (77,7–100,1)% от среднесуточных потребностей.

Уменьшение массы тела у пациентов второй группы в первый период стационарного лечения на 1,0 (1,0–1,2) кг происходило за счет ЖМТ — 0,7 (0,5–1,0) кг, в меньшей степени за счет ТМТ — 0,4 (0,3–0,5) кг ( $U = 18,0$ ;  $p < 0,01$ ). В течение второго периода стационарного лечения уменьшение массы тела у пациентов на 0,7 (0,6–0,8) кг происходило в большей мере за счет потерь жира — 0,5 (0,3–0,7) кг и в меньшей степени за счет ТМТ — 0,2 (0,2–0,3) кг ( $U = 156,0$ ;  $p < 0,01$ ).

В результате применения диеты П-ЩВ установлено значимое ( $\chi^2 = 70,0$ ;  $p < 0,001$ ) снижение уровня КИ у пациентов второй группы в течение первого периода стационарного лечения: с 9,7 (8,1–10,5) до 6,9 (5,6–8,4) к 4–5-м сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ), однако, уровень катаболического стресса оставался выраженным (более 5,1). Статистически значимое снижение КИ до 2,5 (1,6–3,2) к концу второго периода стационарного лечения свидетельствовало о наличии умеренного катаболического стресса у всех пациентов группы.

Установлено статистически значимое ( $\chi^2 = 68,1$ ;  $p < 0,001$ ) снижение уровня общего азота у пациентов второй группы во время применения модифицированной диеты «П»: с 15,9 (13,9–17,4) до 13,5 (13,0–15,5) г/сут ( $T = 8,0$ ;  $p < 0,001$ ) к 5-м сут и до 12,3 (11,5–13,3) г/сут к 10-м сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ), что свидетельствует о снижении интенсивности катаболических реакций по причине постепенного увеличения поступления белка с фактическим рационом питания. Азотистый баланс у пациентов второй группы в ходе стационарного лечения носил отрицательный характер. Результатом применения модифицированной диеты было статистически значимое ( $\chi^2 = 70,0$ ;  $p < 0,001$ ) снижение его величины во время стационарного лечения: с -13,8 (12,5–15,3) до -10,1 (8,0–12,0) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ) к 4–5-м сут и до -2,3 (0,9–3,3) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ) к 9–10-м сут. Величина азотистого баланса у пациентов второй группы к 4–5-м сут стационарного лечения свидетельствовала о наличии у 20 (57,1 %) пациентов средней и у 15 (42,9 %) пациентов тяжелой степени БЭН ( $p > 0,05$ ); в течение второго периода лечения — у всех пациентов легкой степени БЭН.

Питание пациентов *третьей группы* осуществлялось с использованием диеты П-ЩВ и полуэлементной смеси. Поступление энергии и макроэлементов с рационом питания пациентов во время стационарного лечения соответствовало потребностям организма и было возможным благодаря применению специализированного продукта лечебно-диетического питания (полуэлементной смеси для энтерального питания).

Масса тела пациентов третьей группы за первые 5 сут увеличилась на 0,7 (0,6–0,8) кг, за последующие сут — на 0,8 (0,7–0,9) кг. Увеличение массы тела происходило как за счет ТМТ, так и ЖМТ.

Величина КИ у пациентов третьей группы на 1–2-е сут стационарного лечения составила 8,9 (7,7–10,1), что свидетельствует о наличии выраженного катаболического стресса. Во время применения полуэлементной смеси на фоне модифицированной диеты установлено статистически значимое ( $\chi^2 = 71,3$ ;  $p < 0,001$ ) снижение величины КИ с 8,9 (7,7–10,1) до 0,7 (0,3–1,2) к 4–5-м сут стационарного лечения ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ), а к моменту выписки КИ был равен 0,3 (0,2–0,9) ( $T = 73,0$ ;  $p < 0,001$ ), что свидетельствует об отсутствии катаболических процессов и адекватном белковом питании пациентов третьей группы.

Экскреция общего азота с мочой у пациентов третьей группы на фоне использования полуэлементной смеси и диеты П-ЩВ статистически значимо ( $\chi^2 = 80,0$ ;  $p < 0,001$ ) снижалась: в течение первого периода стационарного лечения с 15,5 (14,0–16,7) до 13,5 (13,0–14,1) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ), во втором периоде лечения — с 13,5 (13,0–14,1) до 12,4 (11,7–13,3) г/сут ( $T = 0,0$ ;  $p < 0,001$ ). Состояние азотистого баланса у пациентов третьей группы на момент их поступления в стационар было отрицательным: -13,0 (11,4–14,5) г/сут (тяжелая степень БЭН). Применение полуэлементной смеси помогло провести адекватную потребностям организма пациентов нутритивную поддержку, что способствовало созданию положительного азотистого баланса к 4–5-м сут лечения и поддержанию его таковым на протяжении второго периода стационарного лечения.

Данные характера азотистого баланса определяют величины потерь эндогенных белков пациентами. Таким образом, среднесуточные потери собственных белков во время стационарного лечения преобладали у пациентов первой группы: в течение первого периода лечения у пациентов данной группы они составили 119,2 (102,2–127,6) г/сут, у пациентов второй группы — 77,1 (64,2–83,7) г/сут ( $U = 10,0$ ;  $p < 0,001$ ); в течение второго периода лечения потери белков у пациентов первой группы равны 34,4 (22,0–52,7) г/сут, у пациентов второй группы — 14,6 (5,8–20,4) г/сут ( $U = 150,0$ ;  $p < 0,001$ ). Причем потери организмами пациентов первой и второй групп белков в течение первого периода стационарного лечения были значимо ( $p > 0,05$ ) выше потерь в течение второго периода лечения, что обусловлено более высокими величинами энергетического дефицита в течение первого периода стационарного лечения. Потери белков организмами пациентов третьей группы были только лишь в течение первого периода стационарного лечения и составили 69,5 (61,3–73,8) г/сут, в ходе второго периода лечения был достигнут положительный азотистый баланс и потери эндогенных белков отсутствовали.

Потери белков организмами пациентов происходили в большей степени за счет мышечной ткани, что подтверждается изменениями показателей КК и АКМ. Креатинин служит показателем состояния мышечной массы, а АКМ — это часть тощей массы, представленной преимущественно клетками мышечной ткани, являющимися основными потребителями кислорода и энергии [1].

Установлено статистически значимое снижение КК у пациентов первой и второй групп в течение первого периода стационарного лечения. Ранняя энтеральная поддержка пациентов третьей группы с применением специализированного продукта питания позволила предотвратить разрушение мышечной ткани. Наибольшее значение КК к 10-м сут было установлено у пациентов третьей группы — 18,9 (17,5–20,4) мг/сут по сравнению со значениями КК у пациентов первой группы — 15,9 (15,2–17,1) мг/сут и второй группы — 17,1 (15,6–18,9) мг/сут ( $z_{2-3} = 4,1$ ;  $p < 0,01$ ,  $z_{1-3} = 5,4$ ;  $p < 0,001$ ). При этом КК соответствовал рекомендуемой величине у 29 (72,5 %) пациентов третьей группы, у 14 (40,0 %) пациентов второй группы, у 2 (5,7 %) пациентов первой группы ( $\chi^2 = 39,04$ ;  $p < 0,001$ ), что подтверждает адекватность рациона питания с применением полуэлементной смеси.

Величина АКМ у пациентов первой группы за время голодания достоверно уменьшилась на 0,7 (0,6–0,9) кг, во втором периоде стационарного лечения величина АКМ увеличилась на 0,3 (0,2–0,3) кг, что связано с повышением энергетической и ну-

триентной ценности рационов питания. Значение АКМ у пациентов второй группы в ходе первого периода стационарного лечения уменьшилась на 0,4 (0,3–0,4) кг, во втором периоде увеличилась на 0,2 (0,2–0,3) кг. Величина АКМ у пациентов третьей группы на протяжении стационарного лечения увеличилась на 0,6 (0,5–1,1) кг, что обусловлено адекватным питанием пациентов на протяжении лечения.

**Заключение.** Результаты исследований свидетельствуют, что КИ и величина отрицательного азотистого баланса являются достоверными показателями тяжести, продолжительности катаболической реакции и эффективности нутритивной поддержки организма пациентов с обострением ХП.

Динамика данных показателей показала, что первый период стационарного лечения (4–5 сут с момента госпитализации) характеризуется выраженной катаболической реакцией, тяжесть которой обуславливается степенью адекватности нутритивной поддержки. Наиболее выраженная катаболическая реакция наблюдалась у пациентов первой группы (группы сравнения), потребляющих традиционную лечебную диету «П». Менее выраженной была катаболическая реакция у пациентов второй группы, получающих «сдающий» вариант диеты «П» (П-ЩВ). Наконец, у пациентов третьей группы, получающих, начиная с первого дня госпитализации, специализированный продукт (полуэлементную смесь), катаболическая реакция была слабо выраженной и кратковременной — первые двое-трое суток.

В последующие дни пребывания в стационаре (во второй период стационарного лечения) выраженность катаболической реакции уменьшалась у пациентов всех групп наблюдения. Тем не менее степень БЭН у пациентов группы сравнения (первой) и пациентов второй и третьей групп была различной и зависела от адекватности нутритивной поддержки. За время стационарного лечения пациенты первой группы потеряли 823,8 (607,8–1058,5) г эндогенного белка, что достоверно ( $p < 0,01$ ) больше потерь белка организмами пациентов второй группы — 457,4 (317,5–612,5) г и третьей группы — 69,5 (61,3–73,8) г/сут. Динамика величины КК и значения АКМ указывают, что главным источником компенсации потерь эндогенных белков является мышечная ткань.

#### Литература

1. Парентеральное и энтеральное питание: нац. рук. / Г.П. Арутюнов [и др.]; под ред. М.Ш. Хубутия, Т.С. Поповой, А.И. Салтанова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 800 с.
2. Кошелев, Н.Ф. Проблемы парентерального питания / Н.Ф. Кошелев. — Л.: Медицина, 1975. — 197 с.
3. Маев, И.В. Хронический панкреатит / И.В. Маев, А.Н. Казюлин, Ю.А. Кучерявый. — М.: Медицина, 2005. — 504 с.

## ENDOGENOUS PROTEIN LOSS OF PATIENTS WITH CHRONIC PANCREATITIS

*Lavinskii Ch.Ch.<sup>1</sup>, Ryabova N.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;*

<sup>2</sup>*Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus*

The efficiency of nutritional support of patients with chronic pancreatitis (CP) has been evaluated in the scientific study. The research was based on the analysis of the assessment results of the severity of the catabolic processes and the value of the loss of endogenous proteins. The observing of the patients of the first group, who consumed a traditional healing diet "P", revealed that they had expressed catabolic processes and the greatest loss of endogenous proteins. The energy balance disturbance in the patient's organism has been indicated during the entire hospital stay: in the first period of hospital treatment - all patients of this group had uncompensated energy deficit, and in the second period — subcompensated energy deficit was registered in 20% of patients in this group. Patients of the second group received the modified diet "P" — "sparing variant" (P-SV). The level of the severity of catabolic stress and the loss of endogenous proteins of their organisms was lower in comparison with the first group of patients. The use of half-elemental mixture with diet P-SV as a nutritional therapy by patients of the third group helped to prevent the catabolic processes and the loss of endogenous proteins by 4–5 days of hospital treatment.

**Keywords:** nutritional status, chronic pancreatitis, endogenous protein.

Поступила 07.07.2016

## ОЦЕНКА ЛИПИДНОГО КОМПОНЕНТА РАЦИОНОВ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА

*Лихошва О.Н., Цыганков В.Г.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты анализа фактического питания детей 3–6 лет, посещающих учреждения дошкольного образования г. Минска. Выявлено избыточное потребление насыщенных жирных кислот и низкое потребление  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот детьми данной возрастной группы. Для разработки рекомендаций по оптимизации жирнокислотного состава рационов в учреждениях дошкольного образования проанализированы показатели пищевой ценности и жирнокислотного состава различных сортов рыб и растительных масел. Использование в рационе питания детей дошкольного возраста лососевых пород рыб вместо тресковых, а также включение соевого и рапсового растительных масел позволит увеличить содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и оптимизировать соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в рационе.

**Ключевые слова:** дети дошкольного возраста, жирнокислотный состав, полиненасыщенные жирные кислоты, фактическое питание.

**Введение.** Рациональное, сбалансированное, адекватное питание детей и подростков является необходимым условием формирования и сохранения их здоровья. Актуальность изучения обеспеченности адекватным питанием детей и подростков объясняется не только интенсивными процессами роста и развития, но и недостаточной высокой сопротивляемостью детского и подросткового организма к воздействию неблагоприятных факторов среды обитания. В настоящее время изучение корреляции между особенностями питания ребенка и развитием основных функций его организма является важнейшим

направлением в гигиене питания. Особое место в пищевой обеспеченности детей занимают жиры, которые выполняют в организме две основные функции — обеспечение структурно-функционального состояния мембран и компартментов клетки, депо энергетического материала, имеющего, как правило, SOS-направленность. По сравнению с белками и углеводами энергетическая ценность жира более чем в два раза выше. Жиры являются не только источниками жирорастворимых витаминов (А, D, Е и К), но и поставщиком эссенциальных жирных кислот (линолевой и  $\alpha$ -линоленовой).

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), которые относятся к незаменимым факторам питания, являются одним из важнейших микронутриентов, обеспечивающих нормальное развитие и поддержание баланса между физиологическими и патологическими процессами в организме [1]. К полиненасыщенным относятся жирные кислоты с двумя и более двойными связями между углеродными атомами. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ДЦПНЖК) представляют собой алифатические углеводородные цепи, содержащие 18 и более атомов углерода и 2 или более двойные связи. К семейству  $\omega$ -3 ПНЖК относят  $\alpha$ -линоленовую, эйкозапентаеновую (ЭПК) и докозагексаеновую (ДГК) кислоты, представителями  $\omega$ -6 ПНЖК являются линолевая, арахидоновая кислоты и др.

К основным функциям важнейших семейств полиненасыщенных жирных кислот ( $\omega$ -3 и  $\omega$ -6) относятся: участие в формировании фосфолипидов клеточных мембран и синтезе биологически активных веществ, т. н. тканевых гормонов (эйкозаноидов) — простагландинов, простациклинов, тромбоксанов и лейкотриенов, которые, в свою очередь, имеют существенное значение в становлении и регуляции функций всего организма, способствуют нормальному развитию и адаптации человека к неблагоприятным факторам среды обитания, обеспечению иммунологической защиты [2].

ПНЖК класса  $\omega$ -3 играют особую роль в созревании и функционировании ЦНС у детей, стимулируя нейро-, синаптогенез, миграцию нейронов, участвуя в процессе миелинизации нервных волокон. Эти ПНЖК обеспечивают нормальное развитие сенсорных, моторных, поведенческих функций за счет концентрации в синаптических мембранах и модуляции нейропередачи [3]. В фосфолипидах мембран сетчатки глаза около 60% ДЦПНЖК представлены докозагексаеновой кислотой, что связано с ее участием в фоторецепции через активацию зрительного пигмента родопсина [1, 3]. В экспериментальных исследованиях показано, что при дефиците в диете  $\omega$ -3 ПНЖК происходит снижение концентрации докозагексаеновой кислоты в ткани мозга, уменьшается содержание допамина и серотонина, размеры клеток-нейронов, ухудшаются такие показатели, как острота зрения и зрительная память, происходит ограничение когнитивных способностей [4].

Многочисленные исследования показывают, что содержание в питании ДЦПНЖК необходимо для нормального созревания и функционирования здорового организма [2, 3]. Учитывая, что ПНЖК являются незаменимыми жирными кислотами с высокой биологической активностью, то они должны занимать особое место в диете детей раннего и дошкольного возраста, т. к. оказывают влияние на всю последующую жизнь.

**Цель работы** — анализ жирнокислотного состава рационов питания детей дошкольного возраста и разработка рекомендации по его оптимизации.

**Материалы и методы.** Изучено фактическое питание, уровни потребления  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот у 209 детей в возрасте 3–4 лет и 205 детей в возрасте 5–6 лет, посещающих учреждения дошкольного образования г. Минска.

Изучение количества нутриентов (белков, жиров, углеводов, различных классов жирных кислот) и энергии в рационах исследуемых контингентов проводили с использованием аналитического метода (по меню-раскладкам) и метода 24-часового воспроизведения питания (анкетно-опросного метода), а также с использованием химических методов исследовали показатели пищевой ценности рационов питания в обследованных детских коллективах.

Для расчета энергетической ценности и нутриентного состава рационов питания использовалась компьютерная программа Access на базе персонального компьютера. Компьютерная база данных о составе продуктов и блюд создана на основе таблиц химического состава пищевых продуктов [5, 6].

Расчет нутриентного состава индивидуального суточного потребления проводился с учетом потерь нутриентов при холодной и тепловой кулинарной обработке пищевых продуктов. При этом оценивали среднесуточную энергетическую ценность рациона питания; пищевую энергию, получаемую за счет потребления белков; содержание в рационе белков (в т. ч. животного происхождения); жиров (в т. ч. растительных); углеводов; определяли сбалансированность рационов по соотношению между собой макронутриентов

**Результаты и их обсуждение.** Полученные данные среднесуточных величин энергетической ценности, содержания в рационах питания детей 3–4 лет белков, жиров, углеводов, насыщенных жирных кислот (НЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), ПНЖК представлены в таблице 1.

Энергетическая ценность среднесуточного рациона питания детей 3–4 лет составляет  $1415,2 \pm 27,3$  ккал/сут, что соответствует рекомендуемой величине для данной возрастной группы (1200–1500 ккал/сут). При анализе среднесуточных рационов с использованием центильной шкалы установлено, что у 50% детей данной возрастной группы (центильный канал P25–P75) энергетическая ценность фактического питания составляет 1303–1502 ккал/сут. Пищевые рационы 10% детей 3–4 лет имеют низкую (менее 1995 ккал/сут) и 10% детей — высокую (более 1681 ккал/сут) энергетическую ценность.

Энергетическая ценность рациона, которая обеспечивается за счет потребления белка, составляет 14,1%, что соответствует рекомендуемой величине 12–15% для детей данного возраста. В среднем количество поступающего с пищей белка ( $50,1 \pm 1,2$  г/сут), в т. ч. белка животного происхождения (66,3% от общего количества белка) и углеводов ( $196,9 \pm 3,8$  г/сут), соответствует возрастным нормам.

При анализе содержания жиров в рационе детей 3–4 лет с использованием центильной шкалы установлено, что в области «средних величин» (центильный канал P25–P75) значение содержания жиров колеблется от 32,1 до 53,4 г/сут. В среднем количество поступающих с пищей жиров составляет  $49,3 \pm 1,1$  г/сут, в т. ч. доля жиров растительного происхождения — 26%, что соответствует рекомендуемым величинам 36–56 г/сут и 25–30% соответственно. Соотношение основных макроэлементов (белков, жиров и углеводов) в рационах близко к рекомендуемому (1:1:4) и составляет 1,0:1,0:3,9.

Таблица 1. — Средние величины энергетической ценности, содержания макронутриентов, разных классов жирных кислот в суточных рационах питания детей 3–4 лет ( $M \pm m$ )

Показатели	Абсолютные значения	% от энергетической ценности	Рекомендуемые уровни потребления*
Энергетическая ценность, ккал/сут	1415,2±27,3	–	1200–1500
Белок, г/сут	50,1±1,2	14,1	36–56 (12–15%)
в т.ч. животного происхождения	33,2±0,8	66,3	25–39 (70%)
Углеводы, г/сут	196,9±3,8	55,6	175–210
Жиры, г/сут	49,3±1,1	31	40–53 (30%)
в т.ч. растительного происхождения	12,8±0,8	26	25–30%
НЖК, г/сут	22,6±0,5	14,3	–
МНЖК, г/сут	19,1±0,27	12,1	–
ПНЖК, г/сут	7,97±0,21	5,1	5–10%
ПНЖК $\omega$ -6, г/сут	7,4±0,2	4,7	4–9 %
ПНЖК $\omega$ -3, г/сут	0,64±0,03	0,41	0,8–1 %
Примечание — * — санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180.			

При анализе жирно-кислотного состава рациона питания детей 3–4 лет установлено избыточное содержание насыщенных жирных кислот — 22,6±0,5 г/сут, или 14,3% от общей калорийности рациона питания при рекомендуемых величинах не более 10% от калорийности суточного рациона [7]. В то же время содержание ПНЖК в рационе питания определялось на нижней границе рекомендуемых уровней потребления, установленных в санитарных нормах и правилах «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180 (5,1% от калорийности при рекомендуемой величине 5–10%).

Общее содержание  $\omega$ -3 ПНЖК в рационе питания детей составляло 0,64±0,03 г/сут, или 0,41% от общей калорийности, и было значительно ниже рекомендуемых уровней (0,8–1%). При этом содержание  $\omega$ -6 ПНЖК соответствовало рекомендуемым величинам.

Полученные данные среднесуточных величин энергетической ценности, содержания в рационах питания детей 5–6 лет белков, жиров, углеводов, насыщенных жирных кислот (НЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), ПНЖК представлены в таблице 2.

Таблица 2. — Средние величины энергетической ценности, содержания макронутриентов, разных классов жирных кислот в суточных рационах питания детей 5–6 лет ( $M \pm m$ )

Показатели	Абсолютные значения	% от энергетической ценности	Рекомендуемые уровни потребления*
Энергетическая ценность, ккал/сут	1821,3±31,4	–	1500–2000
Белок, г/сут	63,6±1,4	14	49–75 (12–15%)
в т.ч. животного происхождения	41,1±1,1	65,6	32–49 (65%)
Углеводы, г/сут	254,3±5,4	55,8	203–280
Жиры, г/сут	61,8±1,5	30,5	50–71 (30%)
в т.ч. растительного происхождения	17,6±0,29	28,4	25–30%
НЖК, г/сут	28,3±0,46	13,9	–
МНЖК, г/сут	22,4±0,38	11,1	–
ПНЖК, г/сут	10,6±0,31	5,2	5–10%
ПНЖК $\omega$ -6, г/сут	9,4±0,23	4,6	4–9%
ПНЖК $\omega$ -3, г/сут	0,98±0,03	0,48	0,8–1%
Примечание — * — санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180.			

Энергетическая ценность среднесуточного рациона питания детей 5–6 лет составляет 1821,3±31,4 ккал/сут, что соответствует рекомендуемой величине для данной возрастной группы (1500–2000 ккал/сут). При анализе рационов питания с использованием центильной шкалы установлено, что у 50% детей данной возрастной группы (центильный канал P25–P75) энергетическая ценность фактического питания составляет 1726–2006 ккал/сут. Пищевые рационы 10% детей 5–6 лет имеют низкую (менее 1435 ккал/сут) и 3% детей — высокую (более 2078 ккал/сут) энергетическую ценность рациона.

В среднем количество поступающего с пищей белка (63,6±1,4 г/сут), в т. ч. белка животного происхождения (65,6% от общего количества белка) и углеводов (254,3±5,4 г/сут), соответствует возрастным нормам. Содержание жиров в среднесуточном рационе питания детей составляет 61,8±1,5 г/сут, что соответствует рекомендуемой величине (50–71 г/сут). Однако необходимо отметить, что у 10% обследованных детей содержание жиров в пищевых рационах не превышает 43,5 г/сут (область центильной шкалы до P10). Обеспечение организма детей 5–6 лет жирами растительного происхождения, являющимися источниками необходимых организму полиненасыщенных жирных кислот, вполне достаточное и составляет 28,4% от общего количества жира при рекомендуемой доле растительных жиров 25–30%. Соотношение основных макроэлементов (белков, жиров и углеводов) в рационах соответствует рекомендуемому и составляет 1,0:1,0:4,0.

Результаты изучения жирнокислотного состава рационов детей 5–6 лет указывают на избыточное содержание в них насыщенных жирных кислот — 25,8±2,5 г/сут, или 13,9% от общей калорийности рациона питания при международных рекомендациях не более 10% по калорийности. В то же время содержание ПНЖК в рационах было на нижней границе рекомендуемых уровней потребления для этих жирных кислот (5,2% от калорийности при рекомендуемой величине 5–10%).

Общее содержание  $\omega$ -3 ПНЖК в рационе питания детей 5–6 лет составляло 0,98±0,03 г/сут, или 0,48% от общей калорийности рациона, и было ниже рекомендуемых величин. При этом содержание  $\omega$ -6 ПНЖК соответствовало рекомендуемым уровням и составило 4,6% от общей калорийности рациона.

Для разработки рекомендаций по оптимизации жирнокислотного состава рационов учреждений дошкольного образования были проанализированы показатели пищевой ценности и жирнокислотного состава различных сортов рыб и растительных масел. Анализ показал, что в лососевых сортах рыб (горбуша, лосось атлантический, кета) содержание  $\omega$ -3 ПНЖК в 3–8 раз превышает по сравнению с рыбой тресковых пород (треска, хек, минтай). При анализе жирно-кислотного состава растительных масел установлено, что подсолнечное, соевое, льняное масла практически одинаково богаты ПНЖК, в оливковом масле содержание ПНЖК в 5 раз меньше. Содержание линолевой кислоты в соевом масле в 2 раза выше, чем в подсолнечном высокоолеиновом масле и в 4 раза превышает содержание в оливковом масле. Наиболее высокое содержание линоленовой кислоты в соевом и рапсовом маслах по сравнению с подсолнечным, кукурузным, оливковым.

Таким образом, использование в рационе питания детей дошкольного возраста лососевых пород рыб вместо тресковых, а также включение соевого и рапсового растительных масел, позволит увеличить содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и оптимизировать соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в рационе.

**Заключение.** Анализ суточного рациона обследованных детей дошкольного возраста показал, что рацион детей по энергетической ценности и содержанию макроэлементов соответствует санитарным нормам и правилам «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 № 180. Выявлено избыточное потребление НЖК (13,9–14,3% от энергетической ценности рациона вместо рекомендуемых не более 10%) и низкое потребление  $\omega$ -3 ПНЖК (0,41–0,48% от энергетической ценности рациона вместо рекомендуемых 0,8–1%).

Оптимизация жирно-кислотного состава рационов питания детей дошкольного возраста может быть достигнута путем замены в суточных рационах питания нежирных сортов рыбы на более жирные сорта семейства лососевых, преимущественно горбушей и частичной замены подсолнечного масла соевым и рапсовым растительными маслами, что позволит увеличить содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и оптимизировать соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в рационе.

#### Литература

1. Макарова, С.Г. Современные представления о влиянии длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот на развитие нервной системы у детей / С.Г. Макарова, Е.А. Вишнева // *Вопр. современной педиатрии*. — 2015. — Т. 14, № 1. — С. 55–63.
2. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты и их роль в детском питании: обзор литературы / Т.Э. Боровик [и др.] // *Вопр. современной педиатрии*. — 2012. — Т. 11, № 4. — С. 21–28.
3. Захарова, И.Н. Роль полиненасыщенных жирных кислот в формировании здоровья детей / И.Н. Захарова, Е.Н. Суркова // *Педиатрия*. — 2009. — Т. 88, № 6. — С. 84.
4. Питание и развитие мозга: роль длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот / Т.Э. Боровик [и др.] // *Педиатрия*. — 2012. — Т. 91, № 2. — С. 67–73.
5. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. — М.: ДеЛи принт, 2007. — 276 с.
6. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.
7. *Fats and fatty acids in human nutrition : report of an expert consultation / Food and Agriculture Organization of the United Nations*. — Rome: FAO, 2010. — P. 15. — (FAO. Food and Nutrition Papers, № 91).

## ASSESSMENT OF LIPID COMPONENT OF THE PRESCHOOL CHILDREN DIET AND HYGIENIC ASPECTS OF OPTIMIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION

*Likhashva V.N., Tsygankov V.G.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The article describes the results of the analysis of the actual diet of children at the age of 3–6 years, who attend institution of preschool education in Minsk. The excessive saturated fatty acids consumption and low  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids intake among children in this age group are revealed. The analysis of indicators of the nutritional value and fatty acids composition of different

varieties of fish and vegetable oils was conducted to develop recommendations for optimizing the fatty acids composition of the diet in preschool education institutions. Using in preschool children diet salmon fish instead of cod, as well as the inclusion of soy and rapeseed oils will help to increase the content of  $\omega$ -3 PUFAs and optimize the ratio of  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 PUFAs in the diet.

**Keywords:** preschool children, fatty acid composition, polyunsaturated fatty acids, actual diet.

Поступила 30.06.2016

## НУТРИТИВНЫЙ СТАТУС ПАЦИЕНТОВ С ОСЛОЖНЕННЫМ ТЕЧЕНИЕМ ВНЕГОСПИТАЛЬНЫХ ПНЕВМОНИЙ

*Светлицкая О.И., Канус И.И., Коледа А.Г.*

*Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты исследования нутритивного статуса пациентов с тяжелым течением внегоспитальных вирусно-бактериальных пневмоний, осложнившихся развитием острого респираторного дистресс-синдрома. Установлено, что 71,8% пациентов имели либо избыточную массу тела (35,5%), либо ожирение (36,3%). Выявлены значительные изменения в висцеральном пуле белка (низкий уровень альбумина, трансферрина), снижение концентрации сывороточного железа в сочетании с абсолютной лимфопенией, гипергликемией и нарушениями липидного обмена (повышение уровня триглицеридов, снижение уровня холестерина). Увеличение количества пациентов с избыточной массой тела/ожирением, признаками нутритивной недостаточности и нарушениями метаболизма требуют пересмотра существующих стандартных подходов к нутритивной поддержке.

**Ключевые слова:** внегоспитальные пневмонии, острый респираторный дистресс-синдром, нутритивный статус, избыточная масса тела, ожирение.

**Введение.** Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), среди 10 ведущих причин смерти в мире за период 2000–2012 гг. респираторные инфекции нижних дыхательных путей заняли 4-е место, унеся в 2012 г. 3,1 млн человеческих жизней, и остаются единственной ведущей инфекционной причиной смерти. В Беларуси, как и во всем мире, отмечается тенденция к тяжелому течению внегоспитальных пневмоний. Такие пневмонии характеризуются тяжелым интоксикационным синдромом, гемодинамическими расстройствами и выраженной дыхательной недостаточностью с развитием у ряда пациентов острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), что требует длительной респираторной поддержки и лечения в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [1, 5].

Летальность при ОРДС остается очень высокой, составляя в среднем 40–46%, а на фоне присоединения сепсиса и/или развития синдрома полиорганной дисфункции достигает 70% и выше [7]. Отмечено, что среди пациентов с тяжелым течением внегоспитальных пневмоний в последние годы преобладают пациенты с повышенной массой тела [3, 4, 6].

Нутритивная поддержка пациентов с ОРДС — один из важнейших компонентов интенсивной терапии. Адекватное субстратно-энергетическое обеспечение пациентов позволяет не только дать достаточное количество пластического материала и энергии для восстановления поврежденных тканей и нивелировать проявления системного воспалительного ответа, но и сократить сроки пребывания пациентов на искусственной вентиляции легких и в ОРИТ, что существенно снижает материальные затраты стационара.

**Цель** работы — оценка нутритивного статуса пациентов с тяжелым течением внегоспитальных вирусно-бактериальных пневмоний, осложнившихся развитием ОРДС.

**Материалы и методы.** Выполнено комплексное обследование и анализ результатов лечения 251 пациента с тяжелым течением вирусно-бактериальных пневмоний, осложнившихся развитием ОРДС, которым проводилась интенсивная терапия в условиях ОРИТ УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» (УЗ ГКБ СМП) г. Минска в 2009–2016 гг.

Критерии включения пациентов в исследование были следующие: острое начало заболевания (подъем  $t > 38^{\circ}\text{C}$ ); время от начала заболевания до развития острой дыхательной недостаточности (ОДН) — не более 7 сут; двухсторонняя полисегментарная инфильтрация на фронтальной рентгенограмме органов грудной клетки; респираторный индекс (отношение  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , где  $\text{PaO}_2$  — напряжение кислорода в артериальной крови,  $\text{FiO}_2$  — концентрация кислорода во вдыхаемой воздушной смеси, выраженная в десятых долях)  $< 300$  мм рт. ст.; отсутствие признаков кардиогенного отека легких; необходимость респираторной поддержки.

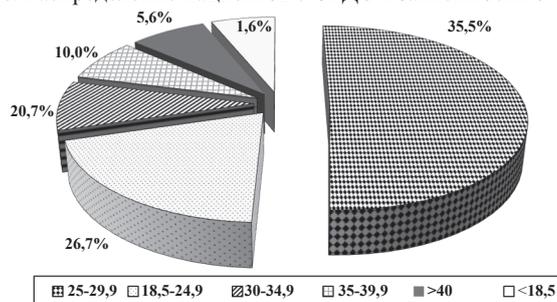
Критерии исключения пациентов из исследования: возраст пациентов (менее 18 лет и старше 80 лет); наличие у пациента тяжелой сопутствующей соматической патологии, конкурирующей с основным заболеванием по влиянию на течение и исход (онкологические заболевания, заболевания сердечно-сосудистой системы в стадии декомпенсации, заболевания органов дыхания: хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма и др.).

Оценка нутритивного статуса включала в себя измерение массы тела (МТ), расчет индекса массы тела (ИМТ) по формуле:  $\text{ИМТ} = \text{вес (кг)} / \text{рост (м)}^2$ , расчет рекомендуемой массы тела в соответствии с формулой Европейской ассоциации нутрициологов (формула Лоренца); величину отклонения фактической массы тела от должной.

Биохимическое исследование сыворотки крови с определением уровней общего белка, альбумина, трансферрина, сывороточного железа, а также триглицеридов, холестерина, липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) выполнялось на автоматическом биохимическом анализаторе с ионселективным блоком «AU-680», BeckmanCoulter, (США). Общий анализ крови с определением концентрации эритроцитов, гемоглобина и подсчетом абсолютного числа лимфоцитов выполнялся на автоматическом гематологическом анализаторе «ХТ-2000i», SysmexCог (Япония).

Статистическая обработка полученных результатов исследования выполнялась на персональном компьютере с операционной системой Windows 8 при помощи программного пакета Excel. Проверка нормальности распределения полученных результатов проводилась при помощи W-теста Шапиро–Уилка. Результаты представлены в виде средней и стандартного отклонения ( $\text{mean} \pm \text{SD}$ ) при нормальном распределении полученных данных — медианы и межквартильного интервала ( $\text{Me [q}_{25}\text{-q}_{75}]$ ) в случае отличного от нормального распределения.

**Результаты и обсуждение.** Распределение пациентов с ОРДС в зависимости от ИМТ представлено на рисунке 1.



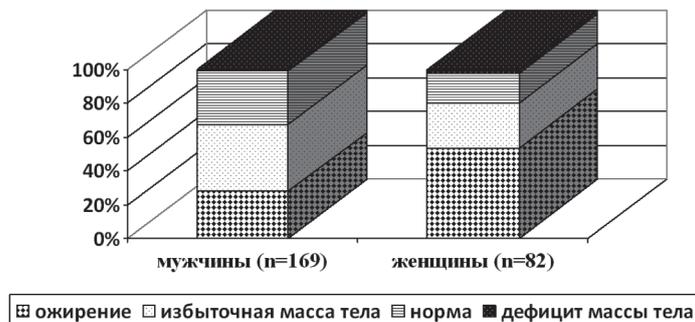
**Рисунок 1.** — Распределение пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии в зависимости от ИМТ

Только у 26,7 % (n = 67) пациентов с тяжелым течением внегоспитальной вирусно-бактериальной пневмонии, осложнившейся развитием ОРДС, масса тела была в пределах физиологической нормы. Большинство пациентов (n = 180; 71,8%) имели либо избыточную массу тела (n = 89; 35,5%), либо страдали ожирением различной степени тяжести (n = 91; 36,3%).

Градации пациентов по ИМТ в зависимости от половой принадлежности значительно варьировала (рисунок 2).

Так, среди мужчин доля пациентов с массой тела в пределах физиологической нормы составила 31,4%, с дефицитом массы тела — 1,2%. Основное количество пациентов мужского пола имели избыточную массу тела (n = 67; 39,6%) либо ожирение (n = 47; 27,8%).

Среди женщин массу тела в пределах физиологической нормы имели только 17,1%, недостаточность массы тела отмечена у 2,4% пациенток. Избыточная масса тела была зарегистрирована у 26,8% (n = 22), ожирение различной степени тяжести у 53,6% (n = 44) пациенток.



**Рисунок 2.** — Распределение пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии в зависимости от пола и ИМТ

В связи с крайней малочисленностью среди пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии лиц с недостаточностью массы тела (n = 4) результаты их обследования не были включены в дальнейшую статистическую обработку.

Средний возраст пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии составил 47,8±14 лет, причем средний возраст мужчин и женщин был сопоставим, составляя 47,9±14,5 и 47,6±13,0 лет соответственно. Распределение пациентов по возрасту в зависимости от пола и ИМТ представлено в таблице 1.

**Таблица 1.** — Возраст пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии в зависимости от пола и ИМТ (mean±SD)

ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	Интерпретация	Возраст пациентов с ОРДС, n = 251	
		мужчины, n = 169	женщины, n = 82
18,5–24,9	Норма	48,3±15,7	33,6±11,2
25–29,9	Избыточная масса тела	47,2±14,0	50,5±15,8
30–34,9	Ожирение первой степени	48±14,0	51±8,6
35–39,9	Ожирение второй степени	52,3±15,1	50,7±6,7
>40	Ожирение третьей степени	58,5±8,3	48,4±8,5

Необходимо отметить, что среди женщин массу тела в пределах физиологической нормы имели более молодые женщины, чей возраст составил 33,6±11,2 года. Самую возрастную группу составили мужчины с ожирением III ст., средний возраст которых был 58,5±8,3 года.

Пациенты имели значимые отклонения фактической массы тела (ФМТ) от рекомендуемой (должной). Необходимо отметить, что степень отклонения фактической массы тела от должной была значительно выше у женщин. Так, отклонение ФМТ у женщин с избыточной массой тела составило 29,1±8,5 против 17,5±7,5% у мужчин, с ожирением I ст. — 54,5±14,6 против 39,6±7,7% у мужчин, с ожирением II ст. — 82,5±18,9 против 55,6±9,9% у мужчин и с ожирением III ст. — 116,9±24,6 против 110,2±35,4% у мужчин.

Значения фактической и рекомендуемой массы тела (РМТ), степень отклонения ФМТ от рекомендуемой (должной) в зависимости от половой принадлежности представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2. — Отклонение фактической массы тела от рекомендуемой (должной) у мужчин с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии (mean±SD)

ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	Пациенты с ОРДС (мужчины, n = 167)			
	рост, см	ФМТ, кг	РМТ, кг	отклонение ФМТ, %
18,5–24,9	175,4±7,5	70,4±7,7	70,9±6,8	5,6±4,7
25–29,9	175±6,6	82,6±7,6	70,3±6,1	17,5±7,5
30–34,9	174,4±7,4	97,8±10,0	70,1±6,63	39,6±7,7
35–39,9	177,5±4,6	113,5±11,5	72,8±4,2	55,6±9,9
>40	175,5±6,3	150±28,3	71,3±5,2	110,2±35,4

Таблица 3. — Отклонение фактической массы тела от рекомендуемой (должной) у женщин с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии (mean±SD)

ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	Пациенты с ОРДС (женщины, n = 80)			
	рост, см	ФМТ, кг	РМТ, кг	отклонение ФМТ, %
18,5–24,9	166,8±9,4	60,5±7,7	58,8±8,6	8,2±6,7
25–29,9	164,4±5,6	72,9±5,1	56,6±5,1	29,1±8,5
30–34,9	166,4±6,5	89,2±7,7	58,0±5,9	54,5±14,6
35–39,9	163,1±7,7	100,0±8,3	55,3±6,9	82,5±18,9
>40	163,0±4,6	119,7±8,6	55,6±4,4	116,9±24,6

Выявленный факт преобладания среди пациентов с тяжелым течением внегоспитальной пневмонии лиц с избыточной массой тела/ожирением вполне закономерен. Ожирение, существенно изменяя легочную механику, создает условия для быстрой декомпенсации работы органов дыхания при инфекционном поражении легких. При ожирении сочетаются два варианта нарушений функции внешнего дыхания: уменьшение легочных объемов (рестрикция) вследствие увеличения массы и снижения податливости стенок грудной клетки при отложении жира вокруг ребер и в средостении, а также сужение дистальных дыхательных путей (обструкция). Для преодоления ригидности грудной клетки и сопротивления дыхательных путей пациент вынужден затрачивать значительное количество дополнительной энергии. В результате возрастает нагрузка при дыхании, развивается утомление и слабость дыхательной мускулатуры. Дисбаланс между возможностями дыхательной мускулатуры и ее производительностью приводит к появлению одышки с развитием острой дыхательной недостаточности.

Состояние статуса питания пациента и функционирование легких — тесно взаимосвязанные процессы. Множество публикаций посвящено проблеме недостаточности питания как одному из основных факторов, способствующих развитию и прогрессированию ОДН. В первую очередь недостаточность питания влияет на дыхательную мускулатуру и ее функцию. При этом снижается объем, масса дыхательных мышц (в т. ч. диафрагмы), их сила и выносливость. При нутритивной недостаточности масса диафрагмы снижается в среднем на 40–42%, а сила дыхательной мускулатуры — на 59–63%. Как следствие, жизненная емкость легких снижается на 34–36%, а минутная вентиляция легких при спонтанном дыхании — на 50–58%. В условиях стресса у пациентов в критическом состоянии экзогенный дефицит 1 г азота (6,25 г белка) приводит к компенсаторному распаду 25 г мышечной ткани, что значительно ухудшает состояние пациентов [2].

Для того чтобы оценить белковый статус человека, традиционно исследуют состояние двух белковых пулов (соматического и висцерального). Оценка соматического пула белка базируется преимущественно на определении соматометрических показателей (округлость плеча, толщина кожно-жировой складки над трицепсом). Однако это метод мало информативен у пациентов в критических состояниях с выраженными периферическими отеками. Большой интерес для реанимационной службы представляет исследование состояния висцерального пула белка. Чем выше скорость синтеза белка в печени и меньше период его полураспада, тем большей информативностью он обладает для ранней диагностики белковой недостаточности. Альбумин имеет период полураспада 20 дней. С этих позиций сывороточный трансферрин обладает большей диагностической значимостью, чем альбумин. Внесосудистый пул трансферрина незначителен, а период полураспада по сравнению с альбумином значительно меньше, составляя около 8 сут. Однако значимость трансферрина для оценки висцерального пула белка может быть несколько ограничена при наличии железодефицитной анемии, которая вызывает компенсаторное увеличение его концентрации в сыворотке даже в условиях белкового дефицита, поэтому параллельно с исследованием уровня трансферрина в крови целесообразно определить концентрацию сывороточного железа и показатели красной крови. Наряду с перечисленными показателями тяжесть белковой недостаточности может также оцениваться по показателю абсолютного количества лимфоцитов. Установлено, что по содержанию последних можно косвенно судить о выраженности супрессии иммунной системы [2].

При поступлении в ОРИТ уровень общего белка у пациентов с ОРДС независимо от ИМТ был в пределах нормальных значений (таблица 4). У всех групп пациентов имелось снижение концентрации альбумина. Причем уровень альбумина у пациентов с избыточной массой тела и ожирением III ст. был снижен до 27,1 [25,4–30,3] и 26,7 [23,6–31,3] г/л, соответствующая средней степени нутритивной недостаточности [2]. У пациентов с массой тела в пределах физиологической нормы концентрация альбумина составила 31,8 [27,4–33,1] г/л, с ожирением I ст. — 30,4 [27,7–34,1] г/л, с ожирением II степени — 32,1 [28,5–35,0] г/л, что соответствовало легкой степени нутритивной недостаточности.

Более значимые изменения коснулись пула трансферрина — практически у всех пациентов его уровень был снижен. Так, самый низкий уровень трансферрина был зарегистрирован у пациентов с ожирением III ст. — 0,9 [0,7–1,17] г/л. У пациентов с ожирением I и II ст. концентрация трансферрина была 1,34 [1,13–1,7] и 1,1 [0,9–1,21] г/л соответственно. Столь низкий уровень трансферрина (<1,6 г/л) указывал на тяжелую степень нутритивной недостаточности. Невысокий уровень трансферрина был и у пациентов с массой в пределах физиологической нормы — 1,8 [1,37–2,1] г/л. Концентрация трансферрина в пределах 1,6–1,8 г/л соответствует средней степени нутритивной недостаточности [2]. У пациентов с избыточной массой тела уровень трансферрина находился на нижней границе нормы, составляя 2,0 [1,6–2,2] г/л.

Таблица 4. — Содержание висцеральных белков и уровень лимфоцитов у пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии при поступлении в ОРИТ в зависимости от ИМТ (Ме [q25–q75])

Показатель	Норма	ИМТ, кг/м <sup>2</sup>				
		18,5–24,9 (n = 67)	25–29,9 (n = 89)	30–34,9 (n = 52)	35–39,9 (n = 25)	>40 (n = 14)
Общий белок, г/л	65–85	66,6 [62,1–73,1]	68,0 [61,0–74,7]	65,8 [62,7–71,0]	69,0 [67,0–74,6]	70,5 [68,1–72,6]
Альбумин, г/л	35–50	31,8 [27,4–33,1]	27,1 [25,4–30,3]	30,4 [27,7–34,1]	32,1 [28,5–35,0]	26,7 [23,6–31,3]
Трансферрин, г/л	2–4	1,8 [1,37–2,1]	2,0 [1,6–2,2]	1,34 [1,13–1,7]	1,1 [0,9–1,21]	0,9 [0,7–1,17]
Количество лимфоцитов, ×10 <sup>9</sup> /л	1,2–3,5	1,1 [0,7–1,4]	0,8 [0,6–1,14]	0,73 [0,4–1,0]	0,8 [0,56–1,1]	0,6 [0,4–0,9]

У всех пациентов была выявлена абсолютная лимфопения, причем у пациентов с ожирением I и III ст. абсолютное количество лимфоцитов составило 0,73 [0,4–1,0] и 0,6 [0,4–0,9]×10<sup>9</sup>/л соответственно, что указывало на тяжелую степень нутритивной недостаточности [2]. У остальных пациентов абсолютное количество лимфоцитов укладывалось в интервал 0,8–1,5×10<sup>9</sup>/л, что указывало на нутритивную недостаточность средней степени.

Количество эритроцитов и содержание гемоглобина в зависимости от пола и ИМТ были в пределах референтных величин (таблица 5). У мужчин с ожирением III ст. сывороточное железо было в пределах нижней границы нормы, составляя 10,9 [9,4–13,7] мкмоль/л. У женщин с ожирением I и III ст. уровень сывороточного железа (СЖ) был снижен, составляя 6,7 [5,4–8,3] и 6,4 [4,8–8,1] мкмоль/л соответственно [2].

Таблица 5. — Содержание сывороточного железа, количество эритроцитов и уровень гемоглобина у пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии при поступлении в ОРИТ в зависимости от ИМТ (Ме [q25–q75])

Показатель		Норма	ИМТ, кг/м <sup>2</sup>				
			18,5–24,9 (n = 67)	25–29,9 (n = 89)	30–34,9 (n = 52)	35–39,9 (n = 25)	>40 (n = 14)
СЖ, мкмоль/л	муж	10,8–28,6	14,6 [11,4–16,3]	16,1 [13,6–18,3]	12,75 [10,4–14,2]	13,2 [10,7–15,1]	10,9 [9,4–13,7]
	жен	7,1–26,0	12,1 [10,4–14,1]	11,4 [9,7–13,3]	6,7 [5,4–8,3]	6,4 [4,8–8,1]	7,9 [6,1–10,1]
Количество эритроцитов, ×10 <sup>12</sup> /л	муж	3,9–5,1	4,2 [4,0–4,5]	4,4 [3,9–4,9]	4,6 [4,4–5,0]	4,8 [4,6–5,1]	4,6 [4,4–5,0]
	жен	3,7–4,7	4,4 [4,23–4,6]	4,4 [3,8–4,6]	4,3 [4,2–4,7]	4,3 [4,1–4,5]	4,4 [4,0–4,7]
Гемоглобин, г/л	муж	130–170	138,0 [126,0–149,0]	143,0 [127,0–153,5]	145,5 [136,5–154,0]	148,0 [140,0–156,0]	138,0 [136,0–140,0]
	жен	120–150	130 [119,0–139,0]	127,0 [121,0–137,0]	125,0 [109,0–137,0]	135,0 [129,5–147,5]	124,5 [79,5–138,0]

Таким образом, несмотря на то, что большинство пациентов (71,8%) имели либо избыточную массу тела, либо страдали от ожирения различной степени тяжести, практически во всех случаях были отмечены те или иные признаки недостаточности питания.

Необходимость в адекватной энергетически-субстратной поддержке пациентов с ОРДС очевидна. Однако у пациентов в критических состояниях правильность расчета энергопотребности и достаточное введение пластического материала еще не гарантируют его усвоения организмом и включения в метаболические процессы. Метаболические нарушения, развивающиеся при стрессе, характеризуются, как правило, повышенными энергопластическими потребностями организма в сочетании с толерантностью тканей к усвоению питательных веществ. Обмен белков, углеводов и липидов при синдроме гиперметаболизма-гиперкатаболизма у пациентов в критических состояниях имеет принципиальные отличия от нормы и от простого голодания [2].

При поступлении в ОРИТ у пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии независимо от ИМТ имела место умеренно выраженная гипергликемия (таблица 6). Наибольшие значения уровня гликемии выявлены у пациентов с ожирением I и III ст., составляя соответственно 8,4 [6,2–11,3] и 9,6 [7,2–12,4] ммоль/л.

Характерной особенностью пациентов с осложненным течением внегоспитальных вирусно-бактериальных пневмоний явилось снижение уровня холестерина. Наименьшее его значение было зарегистрировано у пациентов с избыточной массой тела 2,3 [1,4–3,1] ммоль/л и ожирением I ст. 2,11 [1,12–3,6] ммоль/л. Гипохолестеринемии сопутствовало увеличение уровня триглицеридов (ТГ), наиболее выраженное у пациентов с ожирением I ст., — 2,34 [1,8–5,1] ммоль/л. Необходимо учитывать, что гипертриглицеридемия является противопоказанием для введения жировых эмульсий и затрудняет проведение нутритивной поддержки. Уровень ЛПНП был в пределах референтных величин, у пациентов с избыточной массой тела и ожирением I ст. наблюдалось незначительное снижение ЛПВП — 0,7 [0,22–1,85] и 0,7 [0,36–1,3] ммоль/л соответственно.

Таблица 6. — Уровень гликемии и показатели жирового обмена у пациентов с ОРДС вирусно-бактериальной этиологии при поступлении в ОРИТ в зависимости от ИМТ (Ме [q25–q75])

Показатель	Норма	ИМТ, кг/м <sup>2</sup>				
		18,5–24,9 (n = 67)	25–29,9 (n = 89)	30–34,9 (n = 52)	35–39,9 (n = 25)	>40 (n = 14)
Глюкоза, ммоль/л	3,9–6,4	7,0 [5,9–8,6]	7,9 [5,5–9,1]	8,4 [6,2–11,3]	7,33 [6,1–9,7]	9,6 [7,2–12,4]
Холестерин, ммоль/л	3,2–5,2	2,88 [1,68–4,2]	2,3 [1,4–3,1]	2,11 [1,12–3,6]	3,3 [0,9–4,2]	3,0 [1,6–4,1]
ЛПВП, ммоль/л	0,9–2,1	0,94 [0,32–1,6]	0,7 [0,22–1,85]	0,7 [0,36–1,3]	1,2 [0,85–1,5]	0,65 [0,5–0,8]
ЛПНП, ммоль/л	0–3,4	0,97 [0,36–1,5]	1,7 [0,9–3,2]	1,98 [0,7–2,7]	1,3 [1,2–1,37]	1,4 [0,2–2,6]
ТГ, ммоль/л	0,44–1,88	1,5 [1,1–3,2]	2,0 [1,3–3,8]	2,34 [1,8–5,1]	2,1 [1,5–5,8]	2,01 [1,2–4,9]

Трудность подбора питания для пациента с ОРДС состоит в том, что при ОДН требуется учитывать, что отдельные ингредиенты питательных смесей и растворов могут оказывать специфическое влияние на функциональное состояние системы дыхания. В настоящее время идеология разработки состава питательных смесей для пациентов с ОДН базируется на том, что дыхательный коэффициент минимален для жира и составляет 0,7 по сравнению с белками (0,8) и углеводами (1,0). Поэтому в смесях, предназначенных для пациентов с дыхательной недостаточностью, содержание жира увеличено до 58%. Возникает проблема: пациентам с избыточной массой тела/ожирением и нарушениями жирового обмена (гипертриглицеридемия) необходимо питание со сниженным количеством жиров, что противоречит очевидной необходимости применения диеты с повышенным содержанием жиров у пациентов с ОРДС, которая требует своего решения.

**Заключение.** Таким образом, из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Большинство пациентов (71,8%) с внегоспитальной вирусно-бактериальной пневмонией, осложнившейся развитием ОРДС, имели либо избыточную массу тела (35,5%), либо страдали ожирением различной степени тяжести (36,3%).

2. При тяжелом течении внегоспитальных пневмоний, вирусно-бактериальных пневмоний имеются существенные изменения в висцеральном пуле белка (снижение уровня трансферрина, альбумина), снижение концентрации сывороточного железа в сочетании с абсолютной лимфопенией.

3. Гипергликемия и высокий уровень триглицеридов отражают степень имеющихся у пациента метаболических нарушений и затрудняют проведение нутритивной поддержки.

4. Увеличение среди пациентов ОРИТ их количества с избыточной массой тела/ожирением, признаками нутритивной недостаточности и нарушениями метаболизма диктует необходимость пересмотра существующих стандартных подходов к нутритивной поддержке.

#### Литература

1. Вирусная пневмония грипп А (H1N1), осложненная ОРДС / Ю.С. Полушин [и др.] // Общ. реаниматология. — 2010. — № 3. — С. 15–22.
2. Руководство по клиническому питанию / Под ред. В.М. Луфта, С.Ф. Багненко. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Арт-Экспресс, 2013. — 460 с.
3. Светлицкая, О.И. Острое повреждение легких у пациентов с вирусно-бактериальной пневмонией на фоне избыточной массы тела и ожирения / О.И. Светлицкая, И.И. Канус // Мед. новости. — 2013. — № 3. — С. 6–10.
4. Body mass index is associated with the development of acute respiratory distress syndrome / M.N. Gong [et al.] // Thorax. — 2010. — Vol. 65, № 1. — P. 44–50.
5. Ramsey, C. H1N1: viral pneumonia as a cause of acute respiratory distress syndrome / C. Ramsey, A. Kumar // Curr. Opin. Crit. Care. — 2011. — Vol. 17, № 1. — P. 64–71.
6. The association between body mass index and clinical outcomes in acute lung injury / A.E. Morris [et al.] // Chest. — 2007. — Vol. 131, № 2. — P. 342–348.
7. Zambon, M. Mortality rates for patients with acute lung injury/ARDS have decreased over time / M. Zambon, J.-L. Vincent // Chest. — 2008. — Vol. 133, № 5. — P. 1120–1127.

## NUTRITIVE STATUS OF PATIENTS WITH COMPLICATED COURSE OF COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA

*Sviatlitskaya O.I., Kanus I.I., Koleda A.G.*

*State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus*

The research results of the nutritive status of patients with the heavy course of the community-acquired pneumonia that was complicated by development of the acute respiratory distress-syndrome have been presented in the article. It was established that

71.8% of patients had either the excess body weight (35.5%) or the obesity (36.3%). The considerable changes in a visceral pool of protein (low level of albumin, transferrin), decrease in concentration of serum iron, hemoglobin level and quantity of lymphocytes in combination with disturbances of the lipid exchange (increase of level of triglycerides, decrease of level of cholesterol) have been revealed. The progressive increase in number of patients with overweight/obesity with signs of nutritive insufficiency and metabolism violations requires the revision of the existing standards to nutritive support.

**Keywords:** community-acquired pneumonia, acute respiratory distress-syndrome, nutritive status, overweight, obesity.

Поступила 19.07.2016

## ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ДИФFUЗНОЙ АЛОПЕЦИИ КАК ЭТИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР АЛИМЕНТАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ

Скадорва В.В.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье представлены результаты изучения фактического питания у пациентов с диффузной алопецией. Установлен дефицит по большинству нутриентов, микро- и макроэлементам. Полученные результаты позволят предполагать, что нарушение питания является одним из важных факторов, способствующих развитию выпадения волос.

**Ключевые слова:** диффузная алопеция, питание, нутриенты, микро- и макро-элементы.

**Введение.** Актуальность проблемы диффузной алопеции (ДА) обусловлена широкой распространенностью заболевания, разнообразием провоцирующих факторов, трудностью дифференциальной диагностики, недостаточной эффективностью терапии и социальной значимостью для конкретного пациента. Этиология и патогенез ДА до конца не изучены, остаются актуальными задачи по разработке диагностических методов исследования и комплексной терапии заболевания.

Современные условия жизни, формируемые социально-экономическим напряжением, техногенными экологическими нагрузками, переходом от традиционного к индустриальному питанию, использование огромного разнообразия фармакологических и парафармакологических средств привели к неконтролируемому дефициту эссенциальных макро- и микроэлементов (МЭ) в рационе питания человека. Недостаточное потребление жизненно важных МЭ является повсеместным и постоянно действующим фактором, отрицательно влияющим на здоровье, рост, развитие и жизнеспособность человеческой популяции.

В последние годы особое значение уделяется различным дефицитным состояниям как возможной причине ДА [1]. Многие авторы отмечают наличие связи между выпадением волос и дефицитом ряда МЭ. Так, Т.А. Малова (2005) установила, что у всех обследованных ею детей, страдающих алопецией, наблюдался выраженный дисбаланс МЭ, в частности: железа, марганца, меди, цинка, кальция. У 100% детей выявлен недостаток селена.

Аль-Хадж Хассан Халед (2010) в своей работе выявил у пациентов с ДА недостаток селена и цинка, жизненно необходимых МЭ для организма в целом и для нормального функционирования иммунной системы, а также превышение токсичного кадмия, вытесняющего селен и цинк и обладающего иммуноотоксическим действием, что оказывает наибольшее влияние на развитие заболевания.

Н. Серебровская (2004) отмечает ломкость и выпадение волос как первый признак микроэлементозов, при дефиците цинка и кремния [2]. При исследовании микроэлементного состава крови Соколова Г.А. и др. (1998) отмечают снижение содержания цинка, железа, кальция [3]. Перламутров с соавт. (2006) показали влияние недостатка кальция на развитие ДА и ониходистрофии [4]. Ю.А. Галямова (2008) при диффузном выпадении волос выявила статистически достоверный недостаток селена, цинка, магния; увеличение содержания токсичных элементов (медь, свинец, алюминий, титан), повышение содержания натрия; недостаток железа не был выявлен ни у одного пациента, а недостаток кальция оказался статистически незначимым [5]; Громова О. (2006) отметила влияние недостатка магния, кальция, меди, цинка, йода у беременных на развитие алопеции [6].

Распространенной причиной ДА является и белково-калорийная недостаточность. Корни волос реагируют на дефицит белков очень быстро: волосы приобретают признаки дистрофии — уменьшается их диаметр, заметно снижается скорость роста [7].

Дефицит ряда витаминов также может приводить к патологическому выпадению волос. Трудно недооценить роль каждого из них в жизненном цикле волоса. Тиамин (В1) обеспечивает процесс метаболизма углеводов и жиров в организме и участвует в притоке кислорода к фолликулам. Рибофлавин (В2) помогает правильному протеканию обмена веществ, участвует в окислительно-восстановительных реакциях, в кровоснабжении фолликулов. Нехватка никотиновой кислоты (витаминов РР или В3) ведет к нарушению окислительных процессов в организме, потере пигментации (появлению ранней седины), ломкости и выпадению. Пантотеновая кислота (В5) влияет на снабжение волосающих луковиц кислородом, их рост, силу и развитие. Недостаток пиридоксина (В6) ведет к нарушениям в преобразованиях аминокислот. Как результат: сухость кожи, образование перхоти, выпадение волос. Фолиевая кислота (В9) положительно влияет на деление клеток во всем организме и способствует росту волос. Пара-аминобензойная кислота (В10 или Н1) помогает правильному питанию кожи головы и ее тону, обеспечивает естественную пигментацию волоса. Недостаток кобаламина (витамина В12, участвующего в делении клеток и их обновлении) приводит к очаговому выпадению волос. Не менее важна роль и других витаминов, препятствующих выпадению волос. Витамин А помогает волосам оставаться эластичными и прочными по всей длине; витамин Е ответственен за кровообращение кожи головы, пигментацию волос, регулирует состояние иммунной системы; витамин С помогает усвоению железа, стимулирует рост волос, а также оберегает волосающие луковицы от разрушения.

Наиболее частой причиной дефицитных состояний является некачественное питание, обедненное витаминами, минералами и белками.

**Цель работы** — изучение фактического питания взрослого населения, страдающих ДА.

**Материалы и методы.** Объект исследования: взрослое население в возрасте старше 18 лет с диагнозом ДА (основная группа) и группа сравнения (практически здоровые люди). Каждая группа состояла из 100 человек (50 мужчин и 50 женщин).

Предметом исследования явилось фактическое питание, оцененное с использованием анализа частоты потребления пищевых продуктов.

Критериями включения в основную группу были:

- мужчины и женщины в возрасте старше 18 лет;
- жалобы на выпадение волос;
- длительность заболевания более 6 мес.;
- информированное согласие пациентов на участие в исследовании;
- отсутствие приема гормональных препаратов, лекарственных средств и биологически активных добавок, содержащих макро- и микроэлементы;
- заключение врача о подтверждении диагноза;
- исключение сифилиса методом МРП;
- отсутствие грибковых заболеваний.

Для оценки фактического питания применяли анкетный опрос, основанный на инструкции по применению «Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов» (рег. № 017-1211, утверждено МЗ РБ 15.12.2011). Данный метод позволяет провести изучение фактического питания отдельных респондентов в различных возрастно-половых группах населения, включая оценку пищевой и энергетической ценности среднесуточных рационов, а также структуры потребления пищевых продуктов.

Повторные обследования фактического питания с использованием данного метода позволяют оценить изменения в потреблении пищи за определенный период времени, влияние изменившихся условий жизни, состояния здоровья и других факторов. Метод основывается на использовании анкеты анализа частоты потребления пищевых продуктов (далее — анкета), описывающей частоту потребления отдельных видов пищевых продуктов и блюд (с учетом их объема или массы) за определенный период времени, который предшествует анкетированию респондента.

Использование 30-дневного периода ретроспективного воспроизведения питания позволяет получить достаточно полную информацию о разнообразии питания обследуемых с учетом количественного потребления пищевых продуктов.

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного и корреляционного анализов в пакете прикладных программ Statistica 6.0 с учетом вычислительных методов, рекомендованных для биологии и медицины и Microsoft Excel версия 7.0. Достоверность различий оценивалась с использованием теста Манна–Уитни. Полученные результаты считали достоверными при заданном уровне значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Основными компонентами пищи являются нутриенты (пищевые вещества). В их число входят белки, пептиды, незаменимые и заменимые аминокислоты, углеводы, липиды (жиры, жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды), водо- и жирорастворимые витамины и витаминоподобные вещества. Нами проанализировано содержание пищевых веществ в рационе питания у пациентов с ДА и группы сравнения (таблица 1). Исходя из полученных данных, установлено, что рацион питания основной группы был достоверно значимо обеднен белком, витаминами А, В2, РР, С, В6, В12 и фолатом по сравнению с группой сравнения. Не наблюдалось существенной разницы по углеводам, жирам, витамину Е и В1.

Таблица 1. — Содержание пищевых веществ в рационе питания пациентов основной группы и группы сравнения

Пищевые вещества	ОГ, n = 100	ГС, n = 100	p
Белки	7433,00	9403,00	0,00*
Жиры	8393,00	8443,00	0,08
Углеводы	8971,00	7865,00	0,90
Витамин А	6709,00	10127,00	0,00*
Бета каротин	7610,00	9226,00	0,00*
Витамин В1	8462,00	8374,00	0,12
Витамин В2	6998,00	9838,00	0,00*
Витамин РР	7886,00	8950,00	0,00*
Витамин С	7530,00	9306,00	0,00*
Витамин Е	8308,00	8528,00	0,05
Витамин В6	7839,00	8997,00	0,00*
Витамин В12	6497,00	10339,00	0,00*
Фолатин	6925,00	9911,00	0,00*
Примечания: 1 — ОГ — основная группа. 2 — ГС — группа сравнения. 3 — * — $p < 0,05$ .			

При сопоставлении основной и группы сравнения с учетом пола, оказалось, что дефицит нутриентов у лиц женского пола с ДА был отмечен по всем анализируемым пищевым веществам (таблица 2). Мужчины же, страдающие алопецией, имели различия при сопоставлении с группой сравнения лишь по отдельным нутриентам: они достоверно больше потребляли углеводов и имели существенный дефицит витамина А и В12 (таблица 2).

Таблица 2. — Содержание пищевых веществ в рационе питания основной группы и группы сравнения с учетом пола

Пищевые вещества	Женщины			Мужчины		
	ОГ, n =50	ГС, n = 50	p	ОГ, n = 50	ГС, n = 50	p
Белки	1427,00	3326,00	0,00*	2000,00	1741,00	0,44
Жиры	1635,00	3118,00	0,00*	2198,00	1543,00	0,34
Углеводы	2006,00	2747,00	0,00*	2333,00	1408,00	0,03*
Витамин А	1587,00	3166,00	0,00*	1697,00	2044,00	0,00*
Бета каротин	1968,00	2785,00	0,00*	1829,00	1912,00	0,02*
Витамин В1	1643,00	3110,00	0,00*	2249,00	1492,00	0,16
Витамин В2	1469,00	3284,00	0,00*	1885,00	1856,00	0,08
Витамин РР	1638,00	3115,00	0,00*	1962,00	1779,00	0,27
Витамин С	1712,00	3041,00	0,00*	1971,00	1770,00	0,31
Витамин Е	1772,00	2981,00	0,00*	2033,00	1708,00	0,63
Витамин В6	1454,00	3299,00	0,00*	2008,00	1733,00	0,49
Витамин В12	1433,00	3320,00	0,00*	1651,00	2090,00	0,00*
Фолатин	1445,00	3308,00	0,00*	1887,00	1854,00	0,08
Примечания: 1 — ОГ — основная группа. 2 — ГС — группа сравнения. 3 — * — p<0,05.						

При анализе микро- и макроэлементного состава потребляемых продуктов установлено, что в группе пациентов с ДА наблюдался дефицит по большинству элементов, за исключением натрия, марганца и молибдена (таблица 3).

Таблица 3. — Содержание микро- и макроэлементов в рационе питания обследуемых

Микроэлемент	ОГ, n=100	ГС, n=100	p
Кальций	7375,00	9461,00	0,00*
Железо	8113,00	8723,00	0,01*
Магний	8080,00	8756,00	0,01*
Фосфор	7518,00	9318,00	0,00*
Натрий	8340,00	8496,00	0,06
Калий	7934,00	8902,00	0,00*
Медь	7012,00	9824,00	0,00*
Цинк	7708,00	9128,00	0,00*
Марганец	8883,00	7953,00	0,71
Молибден	7426,00	9410,00	0,00*
Хром	7241,00	9595,00	0,00*
Сера	8142,00	8694,00	0,01*
Селен	7590,00	9246,00	0,00*
Микроэлемент	ОГ, n=100	КГ, n=100	p
Ca	8260,50	8575,50	0,03*
Fe	8248,50	8587,50	0,03*
K	8242,50	8593,50	0,03*
Cu	8200,00	8636,00	0,02*
Zn	7550,50	9285,50	0,00*
Mn	8270,00	8566,00	0,04*
Mo	9233,50	7602,50	0,54
Cr	8124,50	8711,50	0,01*
S	7276,00	9560,00	0,00*
Se	8269,00	8567,00	0,04*
Co	8279,50	8556,50	0,04*
Примечания: 1 — ОГ — основная группа. 2 — ГС — группа сравнения. 3 — * — p<0,05.			

При оценке содержания микроэлементов в рационе питания с учетом пола оказалось, что у женщин имеется достоверный дефицит по 18 из 24 изучаемых элементов, в то время как у мужчин достоверно значимые различия выявлены только для меди, марганца, молибдена, кальция, цинка, серы и кобальта (таблица 4).

Таблица 4. — Содержание микро- и макроэлементов в рационе питания обследуемых с учетом пола

Элементы	Женщины			Мужчины		
	ОГ, n = 50	ГС, n = 50	p	ОГ, n = 50	ГС, n = 50	p
Кальций	1622,00	3131,00	0,00*	2045,00	1696,00	0,71
Железо	1527,00	3226,00	0,00*	2171,00	1570,00	0,47
Магний	1569,00	3184,00	0,00*	2152,00	1589,00	0,58
Фосфор	1446,00	3307,00	0,00*	2048,00	1693,00	0,73
Натрий	1590,00	3163,00	0,00*	2189,00	1552,00	0,38
Калий	1510,00	3243,00	0,00*	2069,00	1672,00	0,87
Элементы	ОГ, n=50	КГ, n=50	p	ОГ, n=50	КГ, n=50	p
Медь	1412,00	3341,00	0,00*	1812,00	1929,00	0,02*
Цинк	1469,00	3284,00	0,00*	1963,00	1778,00	0,28
Марганец	1854,00	2899,00	0,00*	2376,00	1365,00	0,01*
Молибден	1906,00	2847,00	0,00*	1774,00	1967,00	0,01*
Хром	1449,00	3304,00	0,00*	1864,00	1877,00	0,50
Сера	1576,00	3177,00	0,00*	2092,00	1649,00	0,97
Селен	1526,00	3227,00	0,00*	1957,00	1784,00	0,25
Ca	2637,50	2115,50	0,18	1621,00	2120,00	0,00*
Fe	2080,00	2673,00	0,01*	2021,50	1719,50	0,56
K	2026,00	2727,00	0,00*	2055,50	1685,50	0,78
Cu	2268,50	2484,50	0,19	1863,50	1877,50	0,51
Zn	2214,00	2539,00	0,09	1641,00	2100,00	0,00*
Mn	2196,50	2556,50	0,07	1950,50	1790,50	0,23
Mo	2588,50	2164,50	0,32	2053,00	1688,00	0,76
Cr	2031,00	2722,00	0,00*	2013,00	1728,00	0,51
S	1877,00	2876,00	0,00*	1735,00	2006,00	0,00*
Se	2140,00	2613,00	0,03*	1995,00	1746,00	0,42
Co	2410,00	2343,00	0,77	1783,50	1957,50	0,01*

Примечания:  
1 — ОГ — основная группа.  
2 — ГС — группа сравнения.  
3 — \* —  $p < 0,05$ .

При анализе фактического питания установлено, что у пациентов с ДА имеется дефицит как в нутриентах, так и микро- и макроэлементном составе, что может свидетельствовать о значимой роли нарушения питания в выпадении волос. Примечательно, что эти различия наиболее существенны для лиц женского пола, в то время как у мужчин выявлялся дефицит лишь по отдельным нутриентам и МЭ. Вероятно, наряду с нарушением питания у мужчин в большей степени можно рассматривать и другие факторы, способствующие ДА, — эндокринные, психоэмоциональные, соматические и т. д. Представляется интересным дальнейшее изучение корреляции между содержанием МЭ в волосах и рационе питания обследуемых.

**Заключение.** Полученные результаты позволяют предполагать, что нарушение питания является одним из важных факторов, способствующих развитию ДА, и являются этиологическим фактором обоснования алиментарной профилактики. Ее проведение путем коррекции рациона питания и создания биологически активных добавок к пище будет способствовать лучшим результатам лечения данной патологии.

#### Литература

1. Адашкевич, В.П. Алопеция / В.П. Адашкевич, О.Д. Мяделец, И.В. Тихоновская. — М.: Медицина, 2000. — 187 с.
2. Серебровская, Н.И. Микроэлементы и здоровье / Н.И. Серебровская // Журн. по прикладной эстетике. — 2004. — № 6. — С. 188–194.
3. Соколова, Г.А. Роль эндокринных и иммунных нарушений при различных формах алопеции / Г.А. Соколова // Рос. журн. кожн. и венер. болезней. — 1998. — № 5. — С. 50–51.
4. Перламутров, Ю.Н. Влияние кальция на качество волос и ногтей / Ю.Н. Перламутров, А.В. Соловьев, О.В. Молчанова // Вестн. дерматологии и венерологии. — 2006. — № 4. — С. 43–45.
5. Галлямова, Ю.А. Нарушение микроэлементного состава волос у пациентов с диффузной алопецией / Ю.А. Галлямова, Аль-Хадж Хассан Халед // Эксперим. и клин. дерматокосметология. — 2008. — № 4. — С. 54–60.
6. Громова, О.И. Эстетические проблемы при беременности и лактации. Ч. 2: Микроэлементы / О.И. Громова // Эстет. медицина. — 2006. — Т. 5, № 1. — С. 15–20.
7. Мазитова, Л. Влияние эндокринных, метаболических и химических факторов на выпадение волос и их структуру у женщин / Л. Мазитова // Les Nouvelles Esthetiques (рус. изд.). — 2002. — № 1. — С. 40–42.

## ACTUAL NUTRITION EVALUATION OF ADULT POPULATION IN DIFFUSE ALOPECIA AS ETIOLOGICAL FACTOR OF ALIMENTARY PROPHYLAXIS

Skadorva V.V.

Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus

The article presents the study results of actual nutrition in patients with diffuse alopecia. The deficit for the majority of nutrients, micro- and macroelements has been established. The obtained results allow to suggest the nutritional disorder as a trigger for hair loss progress.

**Keywords:** diffuse alopecia, diet, nutrients, micro- and macroelements.

Поступила 19.07.2016

### МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Тонко О.В.<sup>1</sup>, Коломиец Н.Д.<sup>1</sup>, Федоренко Е.В.<sup>2</sup>, Дудчик Н.В.<sup>2</sup>, Филонов В.П.<sup>3</sup>, Ханенко О.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Закрытое акционерное общество «БелАсептика», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Обоснованы и разработаны методические основы контроля, устанавливающие дополнительные санитарно-гигиенические требования, несоблюдение которых создает угрозу жизни и здоровья человека при производстве, реализации, хранении, транспортировке продовольственного сырья и (или) пищевых продуктов на основании микробиологического мониторинга критических контрольных точек пищевых производств и оценки значимости поверхностей технологической среды, контаминированных микроорганизмами, как возможных источников перекрестного загрязнения продуктов.

**Ключевые слова:** пищевые предприятия, контроль, критические контрольные точки, микробиологический мониторинг.

**Введение.** Питание является одним из самых важных факторов, определяющих здоровье людей. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), состояние здоровья человека на 70% определяется образом жизни и питанием. В соответствии с публикациями ВОЗ каждый год в результате «диарейных заболеваний» умирает около 2 млн людей, в большинстве случаев связанных с загрязненными продуктами питания или водой. В связи с этим ВОЗ было разработано «Пять важнейших принципов безопасного питания»: 1) соблюдение чистоты; 2) отделение сырого от готового; 3) тщательная тепловая обработка; 4) хранение продуктов при безопасной температуре; 5) использование безопасной воды и безопасного пищевого сырья [1].

Микробное загрязнение пищевых продуктов и его влияние на инфекционную заболеваемость населения остается актуальной гигиенической проблемой [2]. Устойчивость пищевых бактериальных агентов во внешней среде, неприязнательность к условиям питания, наличие факторов агрессии, резистентность к соединениям с антибиотической активностью определяют широту их распространения [3]. Во всем мире остаются недостаточно изученными такие вопросы, как роль технологических, санитарно-технических, организационных факторов, обуславливающих микробное загрязнение продовольственного сырья и продуктов питания в современных социально-экономических условиях, распространенность несоответствия гигиеническим требованиям микробиологических показателей основных видов продуктов питания, связи и зависимости между качеством объектов среды технологического окружения пищевых предприятий по микробиологическим показателям и заболеваемостью населения острыми кишечными инфекциями [4].

Надзор в отношении болезней пищевого происхождения и контроль загрязнения пищевых продуктов являются важными инструментами оценки риска. По этой причине основные усилия направлены на развитие надлежащих методов надзора за болезнями пищевого происхождения и контроля в отношении загрязнения пищевых продуктов с целью получения необходимых данных для количественной оценки микробиологического риска [5]. Прогнозируемый прирост вновь возникающих инфекций именно за счет «пищевых» требует пересмотра существующих принципов обеспечения микробиологической безопасности пищи, в первую очередь, обоснованности критериев ее оценки и установленных гигиенических требований, придания гибкости нормативно-методической базе контроля. Последняя должна постоянно и своевременно совершенствоваться, опираясь на надлежащие знания о реальных и потенциальных рисках, неизбежно возникающих по ходу цепи получения продукции [6].

К настоящему времени за рубежом накоплено значительное количество данных для рассмотрения концепции анализа микробиологического риска и ее основного элемента — оценки микробиологического риска как универсальной структурно-методологической модели, которая, учитывая изменчивость возбудителей инфекций и характер их взаимодействия с макроорганизмом, устанавливает степень опасности для здоровья при потреблении загрязненных ими продуктов, соответственно, это служит наиболее объективным обоснованием защитных мер. Анализ микробиологического риска позволяет разрабатывать и внедрять максимально надежные и реалистичные требования к микробиологической безопасности технологических режимов, сырья и конечных продуктов [7].

Однако внедрение в гигиеническую оценку пищевых продуктов в Республике Беларусь новых принципов и методологии анализа микробиологического риска может быть осуществлено только на основе данных, полученных в результате целенаправленных научных исследований, учитывающих особенности отечественных пищевых производств.

**Цель работы** — на основе оценки рисков научно обосновать и разработать методические основы контроля, устанавливающие дополнительные санитарно-гигиенические требования, несоблюдение которых создает угрозу жизни и здоровья человека при производстве, реализации, хранении, транспортировке продовольственного сырья и (или) пищевых продуктов.

**Материалы и методы.** Нами были исследованы объекты среды технологического окружения пищевых предприятий и продукты питания. Смывы с технологического оборудования и рук персонала отбирались в соответствии с методами, опи-

санными в инструкции по применению № 078-0210 «Санитарно-бактериологический контроль на объектах общественного питания и предприятиях продовольственной торговли», утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь 19.03.2010. Смывы с крупного оборудования и инвентаря брали с поверхности 100 см<sup>2</sup>, при взятии смывов с мелких инструментов обтиралась вся поверхность предмета, у столовых приборов — вся рабочая часть. При взятии смывов с рук протирали тампоном ладонные поверхности обеих рук, межпальцевые пространства, ногти и подногтевые пространства. При взятии смывов с санитарной одежды протирали 4 площадки по 25 см<sup>2</sup> — нижнюю часть каждого рукава, верхнюю и среднюю части передних пол спецовки.

Изучение микробиологической контаминации воздуха производственных помещений проводилось по следующим параметрам: общее количество микроорганизмов в 1 м<sup>3</sup> воздуха; количество плесневых грибов и дрожжей в 1 м<sup>3</sup> воздуха; количество бактерий рода *Staphylococcus* в 1 м<sup>3</sup> воздуха; количество БГКП в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Для отбора проб воздуха использовался вакуумный аспиратор воздуха SAS Super 100 (PBI International).

Отбор проб пищевых продуктов проводился в соответствии с требованиями СТБ ИСО 7218-2010 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования к выполнению микробиологических исследований». Микробиологические показатели определяли общепринятыми методами на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного Союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденного Решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 09.12.2011.

Выделенные суточные культуры бактерий идентифицировали до вида с использованием биохимического микробиологического анализатора VITEK (Biomérieux). Статистическая обработка цифрового материала с целью определения удельного веса и структуры первичных данных с достоверностью  $p < 0,05$  проводилась с использованием программы EPI INFO.

**Результаты и их обсуждение.** Изучена микробная нагрузка пищевых производств с выявлением и идентификацией патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Установлено, что основной экологической нишей для микроорганизмов являются объекты среды технологического окружения: оборудование, посуда, инвентарь, поверхности помещений, стеллажи, руки и спецодежда персонала. Так, нами было взято 157 смывов с объектов окружающей среды, из которых изолировано 243 штамма, принадлежащих к самым разнообразным видам и родам. Оценка возможной эпидемической роли выделенных штаммов позволила отнести к значимым родам и видам бактерий 166 изолятов (68,3%). Из них к санитарно-показательным микроорганизмам принадлежало наибольшее число — 136 штаммов (81,9%), другие группы транзитных и резидентных эмерджентных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов встречались на поверхностях окружающей среды пищевых производств реже (таблица 1).

Таблица 1. — Распространенность транзитных и резидентных эмерджентных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов на поверхностях окружающей среды пищевых производств

Выделена микробиота	Частота выделения	
	абс.	%
Санитарно-показательные микроорганизмы: бактерии группы кишечной палочки (БГКП) (в т. ч. бактерии рода <i>Escherichia</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Serratia</i> ); энтерококки	136	81,9±3,4
Условно-патогенные микроорганизмы: <i>Staphylococcus aureus</i> , бактерии рода <i>Proteus</i>	16	9,7±2,6
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. бактерии рода <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	4	2,4±1,4
Микроорганизмы — показатели микробиологической стабильности продукта (дрожжи, грибы-плесени, псевдомонады)	10	6,0±2,0
Всего штаммов микроорганизмов	166	100,0

С целью оценки микробной контаминации изучено 180 образцов пищевой продукции (фарш, колбаса, салаты и др.). Всего было выделено 43 штамма, принадлежащих к 20 различным видам и родам. Установлено, что к эпидемически значимым относятся 22 штамма, или 51,2%. Из них к санитарно-показательным микроорганизмам принадлежат 17 штаммов (77,2%), а к патогенным микроорганизмам, в т. ч. бактериям рода *Salmonella spp.* — 2 штамма (таблица 2).

Таблица 2. — Распространенность транзитных и резидентных эмерджентных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в образцах пищевой продукции

Выделена микробиота	Частота выделения	
	абс.	%
Санитарно-показательные микроорганизмы: бактерии группы кишечной палочки БГКП (в т. ч. бактерии рода <i>Escherichia</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Serratia</i> ) энтерококки	17	77,2±8,9
Условно-патогенные микроорганизмы: <i>Staphylococcus aureus</i>	14	63,6±10,3
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. бактерии рода <i>Salmonella</i>	3	13,6±7,3
Условно-патогенные микроорганизмы: <i>Staphylococcus aureus</i>	2	9,1±6,1
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. бактерии рода <i>Salmonella</i>	2	9,1±6,1
Микроорганизмы — показатели микробиологической стабильности продукта (грибы-плесени)	1	4,5±4,4
Всего штаммов микроорганизмов	22	100,0

Всего из 61 пробы воздуха было изолировано 56 штаммов, относящихся к 16 видам и родам. Установлено, что воздух рабочих помещений является экологической нишей для стафилококков, в т. ч. для бактерий вида *Staphylococcus aureus*, а также для плесневых грибов и других микроорганизмов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды (к эпидемически значимым бактериям относятся 25 штаммов, или 44,6% от выделенной микробиоты воздуха пищевых производств).

При оценке пищевых производств по выпуску рыбной, мясной, кулинарной продукции выявлены различные критические контрольные точки: приемка и хранение сырья, приемка и хранение готовой продукции, размораживание, замораживание, копчение, реализация готовой продукции и другие. При этом опасными факторами являлись: *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus spp.*, патогенные кишечные палочки, большое количество общего числа микроорганизмов (в среднем, равное и/или более  $10^6$  КОЕ/мл), обнаружение БГКП, энтерококков, псевдомонад, дрожжей, грибов-плесеней и другие.

В результате исследований была показана необходимость качественного и количественного выявления опасных микробиологических факторов в ходе микробиологического мониторинга критических контрольных точек и других объектов среды технологического окружения пищевых предприятий.

Таким образом, при определении микробиологической экологии пищевых производств установлено, что основными источниками вторичной контаминации готовых пищевых продуктов на предприятиях пищевой промышленности является инструментарий и технологическое оборудование, а также спецодежда и руки обслуживающего персонала. Воздух рабочих помещений является экологической нишей для стафилококков, в т. ч. для бактерий вида *Staphylococcus aureus*, а также для плесневых грибов и других микроорганизмов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды.

Нами оценена значимость поверхностей технологической среды, контаминированных микроорганизмами, как возможных источников перекрестного загрязнения продуктов. В лабораторных условиях мы смоделировали и провели экспериментальные исследования с музейными штаммами санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов, выделенными в ходе микробиологического мониторинга различных пищевых предприятий (производство мяса всех видов животных, птицы, рыбы, молока и продуктов их переработки): *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* серовар *Typhimurium*, *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Citrobacter freundii*, *Hafnia alvei*.

Ход эксперимента: в стерильный физиологический раствор вносили взвесь модельных микроорганизмов в количестве  $10 \times 10^9$  КОЕ/мл. Затем делали разведения и в результате получали концентрацию около  $10 \times 10^6$  КОЕ/мл. Раствор с культурами (каждая в трех повторностях) наносился на подготовленные поверхности лотков, предварительно продезинфицированных и контролируемых на отсутствие бактерий, с помощью стерильного пульверизатора. За одно нажатие на лоток попадало 0,1 мл раствора; обработка выполнялась под углом  $45^\circ$  с расстояния 25 см. При этом разлет капелек аэрозоля составил около  $100 \text{ см}^2$ , и на исследуемых лотках оказалось приблизительно  $10 \times 10^3$  КОЕ на каждый квадратный сантиметр поверхности. После высыхания на контаминированную поверхность выкладывались различные продукты — мясо, рыба, сыр, а через 30 мин продукты переносили на другие лотки, из которых брали смывы через 30 мин после удаления продуктов. Параллельно проведен эксперимент без продуктов, где контаминированные и чистые лотки протирались одной ветошью.

В результате исследования в 100% случаях был получен положительный рост испытываемых культур на чистых в начале опыта поверхностях от единичных клеток до  $10 \times 10^2$  КОЕ на сантиметр квадратный.

**Заключение.** Таким образом, нами обоснованы и разработаны методические основы контроля, устанавливающие дополнительные санитарно-гигиенические требования, несоблюдение которых создает угрозу жизни и здоровья человека при производстве, реализации, хранении, транспортировке продовольственного сырья и (или) пищевых продуктов:

1. Определено, что на поверхностях, контактирующих с готовыми к употреблению и не подлежащими перед употреблением в пищу термической обработке пищевыми продуктами, площадью в целом не менее  $500 \text{ см}^2$  и не менее 5 объектах (ножи, краны, емкости, руки персонала и объекты, непосредственно контактирующие с пищевой продукцией или руками персонала в процессе производства пищевой продукции) патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, *L. monocytogenes*) не допускаются.

2. Контроль наличия патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевыми продуктами, осуществляется в процессе ее производства (как минимум через 2 ч после начала смены или в конце смены, но до проведения мойки и дезинфекции поверхностей) с периодичностью, необходимой для обеспечения безопасности пищевой продукции. Периодичность осуществления контроля наличия патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией, определяется организацией, осуществляющей производство пищевой продукции с учетом степени потенциальной опасности для жизни и здоровья населения Республики Беларусь, объемов производимой пищевой продукции с учетом:

- вероятности их наличия в продовольственном сырье и(или) пищевых продуктах, компонентах, материалах и изделиях, контактирующих с ними;
- технологического процесса изготовления пищевой продукции;
- возможности перекрестного загрязнения продовольственного сырья и (или) пищевых продуктов;
- санитарно-эпидемиологической характеристики организации, осуществляющей производство пищевой продукции;
- результатов микробиологических исследований поверхностей, контактирующих с пищевой продукцией, ранее проведенных органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, а также организацией, осуществляющей производство пищевой продукции.

Частота контроля наличия патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией, увеличивается:

- при установлении фактов несоответствия продукции по микробиологическим показателям;
- при изменении рецептуры продукции и технологии производства;
- после ликвидации аварийных ситуаций, связанных с остановкой производства, нарушениями технологических процессов и иных, создающих угрозу санитарно-эпидемиологическому благополучию населения, ситуаций.

3. Контроль наличия патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией, проводимый сразу после мойки и дезинфекции, используется для оценки их эффективности согласно программе производственного контроля.

4. При ухудшении эпидемиологической обстановки в административно-территориальной единице, обусловленной конкретным видом пищевой продукции, контроль патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией, осуществляется по предписаниям территориальных органов, осуществляющих государственный санитарный надзор.

5. При обнаружении на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией, патогенных микроорганизмов изготовитель пищевой продукции должен предпринять меры по:

- недопущению выпуска небезопасной для жизни и здоровья граждан пищевой продукции;
- выявлению причин и условий, приведших к наличию патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией;
- разработке и реализации мероприятий, направленных на недопущение наличия патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией.

Эффективность таких мероприятий должна быть подтверждена лабораторными исследованиями (верифицирована).

6. Контроль патогенных микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с пищевой продукцией, включается в программу производственного контроля и осуществляется с использованием методов, утвержденных в установленном порядке, в аккредитованных лабораториях.

#### Литература

1. Пять важнейших принципов безопасного питания / ВОЗ, Департамент по безопасности продуктов питания, зоонозам и пищевым болезням. — Женева, 2007. — 30 с.
2. Питание и здоровье в Европе: новая основа действия. Региональные публикации ВОЗ. Евр. серия № 96 : пер. с англ. — М., 2005. — 461 с.
3. Оценка персистентного потенциала доминирующих возбудителей острых кишечных инфекций / Н.Г. Малыш [и др.] // *Georg. Med. News.* — 2013. — Т. 218, № 5. — С. 54–58.
4. Джей, Д.М. Современная пищевая микробиология: пер. с англ. / Д.М. Джей, М.Д. Лесснер, А. Гольден. — 7-е изд. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 886 с.
5. Безопасность пищевых продуктов. 63 сессия всемирной ассамблеи здравоохранения. Доклад секретариата ВОЗ [Электронный ресурс] / ВОЗ. — 2010. — Режим доступа: [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA63/A63\\_11-ru.pdf](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA63/A63_11-ru.pdf). — Дата доступа: 21.05.2016.
6. Male-specific coliphages as an additional fecal contamination indicator for screening fresh carrots / S. Endley [et al.] // *J. Food Protect.* — 2003. — Vol. 66, № 1. — P. 88–93.
7. Микробиологические основы ХАССП при производстве пищевых продуктов: учеб. пособие / В.А. Галынкин [и др.]. — СПб.: Проспект Науки, 2007. — 288 с.

## MICROBIOLOGICAL REQUIREMENTS FOR THE SAFETY OF OBJECTS OF ENVIRONMENT FOOD PRODUCTION

*Tonko O.V.<sup>1</sup>, Kolomiets N.D.<sup>1</sup>, Fedorenko E.V.<sup>2</sup>, Dudchik N.V.<sup>2</sup>, Filonov V.P.<sup>3</sup>, Hanenko O.N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus;*

<sup>2</sup>*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;*

<sup>3</sup>*Closed Joint-Stock Company “BelAseptika”, Minsk, Republic of Belarus*

The methodical control bases which establish additional sanitary-hygienic requirements have been proved and developed. Their non-compliance endangers human life and health in production, sale, storage, transportation of food raw materials and (or) food products based on microbiological monitoring of critical control points of food production and assessment of the significance of the technological environment surfaces, contaminated by microorganisms as potential sources of products cross-contamination.

**Keywords:** food businesses, control, critical control points, microbiological monitoring.

Поступила 05.07.2016

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Федоренко Е.В.<sup>1</sup>, Шуляковская О.В.<sup>1</sup>, Войтенко С.И.<sup>1</sup>, Авсянкина И.О.<sup>1</sup>, Бельшичева Л.Л.<sup>1</sup>, Коломиец Н.Д.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В Республике Беларусь разработана и внедрена стратегия ликвидации йодного дефицита среди населения, которая включала наряду с гигиеническим и медицинским мониторингом изменение требований к содержанию йода в йодированной соли, обязательное использование йодированной соли при производстве пищевой продукции. Указанный подход позволил существенно повысить содержание йода в основных группах пищевой продукции. При этом в республике допускается использование различных соединений йода для обогащения пищевой продукции. Указанные меры способствовали увеличению содержания йода в отдельных продуктах массового потребления в 2,3–20 раз. Необходимо продолжение указанных мероприятий для сохранения достигнутых результатов по профилактике дефицита йода в питании населения и связанных с ним заболеваний.

**Ключевые слова:** пищевая продукция, йод, обогащение.

**Введение.** Проблема йодной недостаточности является актуальной для Республики Беларусь, что подтверждается наличием практически повсеместного геохимического дефицита йода в ее почвах и водах. Содержание йода в почвах находится в пределах от 0,64 (дерново-подзолистые) до 9,23 мг/кг (торфяно-болотные, низменного типа), естественная луговая растительность имеет от 0,1 до 0,49 мг/кг йода в зависимости от почвы. В воде концентрация йода также незначительна, на се-

вере республики — 3,2 мкг/дм<sup>3</sup>, в центре — 2,7 мкг/дм<sup>3</sup>, юге — 1,9 мкг/дм<sup>3</sup>. Соответственно, ранее наблюдались высокие уровни заболеваемости простым нетоксическим зобом — 1215,23 на 100 тыс. населения (у подростков) и 379,9 на 100 тыс. населения (у взрослых), уровень йодурии среди индикаторной группы населения (дети и подростки) составлял в среднем 44,5 мкг/л, йодированную соль использовало от 35,4 до 48,1% опрошенных респондентов в зависимости от региона [1].

Для решения указанной проблемы Министерством здравоохранения Республики Беларусь при поддержке Представительства Детского фонда ООН/ЮНИСЕФ в Беларуси были приняты всеобъемлющие меры по ликвидации йодного дефицита, разработана и внедрена стратегия, включающая наряду с иными мероприятиями установление требований к химической форме и содержанию йода в йодированной соли на уровне 40±15 мг/кг, постоянное использование йодированной соли при организации питания в организованных коллективах, обеспечение наличия йодированной соли в розничной торговле, организаци. и проведение гигиенического мониторинга (контроль использования йодированной соли при производстве пищевых продуктов, качества производимой и поступающей в торговую сеть йодированной соли, наличия йодированной соли в торговой сети). Указанные меры были направлены на увеличение содержания йода в отдельных продуктах массового потребления и рационах в целом.

**Цель работы** — гигиеническая оценка применения соединений йода при производстве пищевых продуктов в Республике Беларусь.

**Материалы и методы.** Материалами исследований являлись пищевые продукты массового потребления (хлеб, молоко, мясные продукты, яйца). За 2012–2016 гг. содержание йода было исследовано в 147 пробах пищевой продукции. Обсуждаемый микронутриент был исследован с использованием роданидно-нитритного метода. Метод определения основан на концентрировании йодид-иона путем озоления навески пробы, растворения золы водой, образовании комплексного соединения йода с роданидом железа с последующим его фотометрированием. Диапазон определяемых концентраций 2,0–150,0 мкг/100 г, максимальное значение расширенной неопределенности  $U$  ( $k = 2$ ) составляет 18,6%. Статистическая обработка включала расчет среднего арифметического значения и его доверительного интервала.

**Результаты и их обсуждение.** Национальным законодательством допускается использование нескольких химических форм йода при производстве обогащенных пищевых продуктов — йодид калия, йодид натрия, йодат калия, йодат натрия, йодказеин [2]. Для производства йодированной соли разрешается использовать йодат калия как наиболее стабильное соединение йода. Согласно «Требованиям к продовольственному сырью и пищевым продуктам» [3], уровень йода в йодированной соли должен составлять не менее 40±15 мг/кг. При производстве пищевых продуктов (за исключением сыров и сырных продуктов, продуктов переработки океанических рыб и морепродуктов) должна использоваться только йодированная соль [3].

Одним из элементов национальной стратегии ликвидации йодного дефицита является свободная продажа в достаточном количестве йодированной соли. Результаты гигиенического мониторинга свидетельствуют о стабильно высокой доле реализации йодированной соли населению в последние годы (рисунок 1). Начиная с момента реализации программы ликвидации дефицита йода в питании населения Республики Беларусь, указанный показатель неуклонно повышался и за последние 5 лет составил 74,5–79,7%.

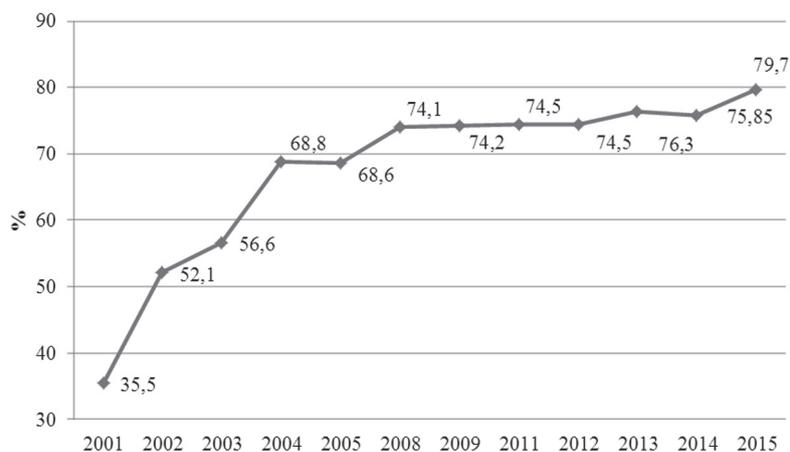


Рисунок 1. — Удельный вес закупок предприятиями йодированной соли (2001–2015)

По результатам государственного санитарного надзора за качеством йодированной соли количество нестандартных проб неизменно мало (0,2–0,04% от общего числа исследованных образцов при ежегодной плотности контроля в 2006–2015 гг. от 6905 до 1972 проб соответственно) [4].

Внедрение национальных требований к использованию йодированной соли, а также возможность использования иных форм йода для обогащения пищевой продукции несомненно способствовали повышению уровня указанного эссенциального микронутриента в отдельных видах пищевой продукции и в рационе.

Обогащение пищевой продукции в целом возможно путем использования при ее производстве йодированной соли, иных соединений йода в качестве самостоятельных ингредиентов (например, йодказеина), применение при производстве продуктов животного происхождения йодсодержащих кормовых добавок при кормлении продуктивных животных и птицы.

Результаты исследования содержаний йода в отдельных видах пищевой продукции представлены в таблице.

Таблица — Содержание йода в пищевых продуктах с естественным его содержанием и обогащенных

Группа продукта	Содержание йода, мкг/100г в продуктах*				
	справочные данные		обогащенных (фактическое значение)		
	[5]	[6]	2002 [7]	2009–2011 гг.	2012–2016 гг.
Хлебопродукты (хлеб)	1,6–5,6	–	5,9±2,8	39,81±2,4	42,02±1,48
Зерновые продукты	3,3–6,0	47	–	–	–
Картофель	5	–	–	–	–
Овощи	2–8	29	4,5 ± 1,0	–	–
Фрукты	2,2	18	–	–	–
Говядина	7,2	50	5,4±2,19	–	–
Свинина	6,6		5,9±0,9	–	–
Колбасные изделия	6,6	–	–	133,3**	–
Рыба (морская)	30–150	852	–	–	–
Яйца	20	93	–	27,9±1,02	46,93±4,11
Молочные продукты (молоко, кефир)	9,0	47	2,9±0,8	19,32±0,98	20,72±0,16
Примечания: 1 — * — значения представлены в виде среднего арифметического и его доверительного интервала. 2 — ** — значение представлено в виде расчетного значения с учетом содержания йодированной соли (уровень йода в соли принят за 40 мг/кг).					

Анализируя содержание йода в различных видах пищевой продукции, установлено, что естественное содержание йода в хлебобулочных изделиях составляет в среднем 4,62 мкг/100 г. После использования в производстве такой продукции йодированной соли и/или йодказеина уровень обсуждаемого микронутриента повышается в 9 раз и составляет 42,02±1,48 мкг/100 г. В колбасных изделиях содержание йода до применения йодированной соли составляет 6,6 мкг/100 г, после ее использования — 133 мкг/100 г (значение получено расчетным путем исходя из среднего содержания йодированной соли в рецептуре). Для обогащения молока йодом используется йодказеин. При его внесении в молочную продукцию содержание йода повышается в 2,3 раза по сравнению с необогащенной продукцией (естественное среднее содержание — 9,0 мкг/100 г) и составляет в среднем 20,73±0,16 мкг/100 г. Обогащение яиц осуществляется за счет использования соответствующих кормовых добавок при кормлении птицы, что позволяет достичь повышения уровня йода в продукции в 2,3 раза (содержание в обогащенной продукции — 46,93±4,11 мкг/100 г по сравнению с естественным содержанием — 20 мкг/100 г). Следует отметить, что по сравнению с 2009–2011 гг. за последние 5 лет (2012–2016) уровень йода в обогащенных пищевых продуктах существенно увеличился только в яйцах (в 1,7 раза), тогда как для хлебобулочных изделий и молочной продукции различия в обсуждаемых периодах были статистически незначимыми.

Обращает на себя внимание тот факт, что в последние годы при изготовлении хлебобулочных изделий чаще используется йодказеин, что приводит к более значимому увеличению йода в таких продуктах по сравнению с использованием йодированной соли. Уровни йода в продуктах, изготовленных с использованием йодказеина, выше по сравнению с изготовленными только с йодированной солью в 7 раз.

**Заключение.** В настоящее время достигнуты стабильно высокие уровни реализации йодированной соли населению, содержание йода в отдельных видах пищевой продукции массового потребления существенно увеличилось по сравнению с его естественным содержанием (в 2,3–20 раз), что позволяет в значительной мере увеличить содержание йода в рационе в целом. Полученные данные свидетельствуют об эффективности разработанной стратегии и результативности проводимых мероприятий.

#### Литература

- 1 Зобная эндемия и йодная недостаточность у детей и подростков Республики Беларусь / А.Н. Аринчин [и др.] // *Здравоохранение*. — 2000. — № 11. — С. 25–30.
- 2 Показатели безопасности и безвредности для человека обогащенных пищевых продуктов [Электронный ресурс]: гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохр. Респ. Беларусь 29.07.2013 № 66 / Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации. — Минск, 2016.
- 3 Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов [Электронный ресурс]: сан. нормы и правила, гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохр. Респ. Беларусь 21.06.2013 № 52 / Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации. — Минск, 2016.
- 4 Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2015 году» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.rcheph.by/news/gosudarstvennyy-doklad-o-sanitarno-epidemiologicheskoy-obstanovke-v-respublike-belarus-v-2015-godu.html?phrase\\_id=46832](http://www.rcheph.by/news/gosudarstvennyy-doklad-o-sanitarno-epidemiologicheskoy-obstanovke-v-respublike-belarus-v-2015-godu.html?phrase_id=46832). — Дата доступа: 12.09.2016.
- 5 Химический состав пищевых продуктов: в 2 кн. / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. — 360 с.
- 6 Iodine // *Human vitamin and mineral requirements. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation*. — Rome: FAO/WHO, 2002. — P. 181–194.
- 7 Резникова, Л.Г. Содержание йода в основных обогащенных продуктах питания жителей Республики Беларусь / Л.Г. Резникова, Н.Д. Коломиец, О.В. Шуляковская // *Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. к 75-летию НИИ санитарии и гигиены: в 2 т. / НИИ санитарии и гигиены; под ред. С.М. Соколова, В.Г. Цыганкова*. — Барановичи, 2002. — Т. 2. — С. 183–186.

**HYGIENIC ASSESSMENT OF IODINE CONTENT IN FOOD PRODUCTS  
IN REPUBLIC OF BELARUS**

*Fedorenko E.V.<sup>1</sup>, Shuljakovskaja O.V.<sup>1</sup>, Voitenko S.I.<sup>1</sup>, Avsjankina I.O.<sup>1</sup>, Belisheva L.L.<sup>1</sup>, Kolomiets N.D.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;*

*<sup>2</sup>State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus*

In Republic of Belarus the iodine deficiency elimination strategy among the population was implemented. This strategy included hygienic and medical monitoring, change of requirements to content of iodine in iodinated salt, compulsory use of iodinated salt in food production. The specified approach allowed to increase content of iodine in different groups of food products significantly. Various iodine compounds is allowed for food fortification in the republic. The specified measures promoted increase iodine content in separate products by 2,3–20 times. It is necessary to continue these activities to maintain the results achieved on the prevention of iodine deficiency in nutrition.

**Keywords:** food, iodine, fortification.

Поступила 03.10.2016

### ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Адиллов У.Х.

Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профзаболеваний Министерства здравоохранения  
Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

**Реферат.** Тенденция прогрессирующего роста количества несчастных случаев на производстве и заболеваемости (общей и профессиональной) определила необходимость внедрения оценки профессиональных рисков воздействия факторов производственной среды. В связи с этим в НИИ санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний Министерства здравоохранения Республики Узбекистан (НИИ СГПЗ МЗ РУз) разработаны методики по выявлению и обоснованию связи между длительным воздействием вредных и (или) опасных производственных факторов условий труда, являющихся факторами профессиональных рисков и вероятности причинения вреда жизни и здоровью работника. Исследования на рабочих местах угледобывающих предприятий ОАО «Узбекуголь», производящие добычу бурого угля открытым («Разрез Ангренский») и подземным («Шахта № 9 Ангренский») способами, а также добычу каменного угля подземным способом (шахта «Шаргуньская»), показали, что значительными для профессионального риска факторами производственной среды угольных шахт являются шум, вибрация, угольно-породные аэрозоли, оксид углерода и диоксид азота. Угольная пыль оказывает неблагоприятное влияние на иммунную систему, вызывая патологические изменения в легочной ткани, где бурно развивается пневмоконнотический процесс. Внедрение системы оценки и управления профессиональным риском на каждом рабочем месте проводится с персонификацией данных и расчета индивидуального риска каждого работника.

**Ключевые слова:** профессиональные риски, угольная промышленность, условия труда, добыча угля, шахта, угольная пыль, профессиональная заболеваемость, пневмоконнозисы.

**Введение.** Узбекистан ратифицировал 13 конвенций Международной организации труда (МОТ) и принял «Комплекс дополнительных мероприятий по реализации в 2014–2016 гг. ратифицированных конвенций МОТ». В настоящее время в республике продолжается работа над конвенциями МОТ (31, 45, 46, 77, 90, 123, 124, 139, 148, 155, 176 и 187), включающими в себя в т. ч. вопросы безопасности и гигиены труда в угольной промышленности [1]. Ранее в Узбекистане была принята Государственная программа по модернизации, техническому и технологическому перевооружению предприятий угольной промышленности, предусматривающая улучшение системы менеджмента предприятий, обеспечивающих управление рисками в области охраны здоровья и безопасности труда [2].

Начатая в республике модернизация и техническое переоснащение угольной промышленности на период 2013–2018 гг. предусматривает рост объема добычи угля более чем в 3 раза с последующим его использованием для получения электрической и тепловой энергии. Рост интенсивности производства открытой и подземной добычи угля привел к увеличению влияния на организм работников опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) (Адиллов У.Х., 2015).

В соответствии с принятой в Республике Узбекистан государственной политикой в области охраны труда и здоровья работающего населения принимаются законодательные акты, направленные на улучшение условий труда и профилактику заболеваний, связанных с производственными факторами условий труда [3]. Одной из приоритетных задач являются действия по улучшению условий и охраны труда, направленные на снижение рисков несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (ПЗ), снижение смертности от предотвратимых причин, увеличение продолжительности жизни и улучшение здоровья работающего населения (Ибрагимов Г.З. и др., 2004).

Среди угледобывающих стран в 2013 г. лидирующие места занимали Китай с годовым объемом добычи 3680,0 млн т, США — 892,6 млн т и Индия — 605,1 млн т. Среди стран содружества независимых государств (СНГ) крупнейшими производителями добычи угля являлись Россия с годовым объемом добычи угля 347,1 млн т (6-е место в мировом рейтинге угледобывающих стран), Казахстан — 114,7 млн т (10-е место) и Украина — 88,2 млн т (11-е место). Узбекистан занимает 33-е место среди угледобывающих стран с годовым объемом добычи 4,4 млн т и планирует модернизацию угольной отрасли с увеличением добычи угля к 2021 г. до 17,2 млн т [4].

Узбекистан располагает разведанными запасами угля в количестве 1832,8 млн т, в т. ч. бурого — 1786,5 млн т, каменного — 46,3 млн т. Прогнозные ресурсы составляют свыше 323,4 млн т угля. Большие запасы каменного угля сконцентрированы в южных регионах — в Сурхандарьинской и Кашкадарьинской областях республики [5]. В настоящее время добыча угля ведется на трех месторождениях: Ангренском буроугольном месторождении, Шаргуньском и Байсунском месторождениях каменного угля (Адиллов У.Х., 2015).

Тенденция прогрессирующего роста количества несчастных случаев на производстве и заболеваемости (общей и профессиональной), выявляя проблематичность ситуации, определяет необходимость внедрения в Узбекистане практики оценки уровня профессионального риска (ПР) (Адиллов У.Х. и др., 2013).

В НИИ санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний Министерства здравоохранения Республики Узбекистан разработаны методики, посвященные выявлению и обоснованию связи между длительным воздействием опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) производственных условий, являющихся факторами ПР и вероятности причинения вреда жизни и здоровью работника (Адиллов У.Х. и др., 2014).

**Цель работы** — оценка ПР при установлении связи влияния отдельных факторов производственной среды на состояние здоровья работников в угольной промышленности.

**Материалы и методы.** Объектом исследования явились факторы производственной среды на рабочих местах угледобывающих предприятий ОАО «Узбекуголь», производящие добычу бурого угля открытым («Разрез Ангренский») и подземным («Шахта № 9 Ангренский») способами, а также добычу каменного угля подземным способом (шахта «Шаргуньская») в соответствии с утвержденными МЗ РУз методиками выполнения измерений (МВИ) производственных факторов.

**Результаты и их обсуждение.** Уголь Байсунского месторождения характеризуется зольностью (8–15%), летучими веществами (14–20%) и калорийностью (до 8600 kcal/kg). Бурый уголь Приташкентского месторождения («Разрез Ангренский») имеет характеристики по калорийности — 1900–2020 kcal/kg, влажности — 36–45%, минеральной составляющей — 25–35%, серной — 1,5–1,8%. Бурый уголь — это горючее полезное ископаемое, уголь 2-й стадии метаморфизма (переходное звено между лигнитом и каменным углем) (Адилев У.Х., 2015).

Основными ОВПФ в производстве добычи угля являются шум, вибрация, загазованность, запыленность, неблагоприятный микроклимат, низкая освещенность и тяжелый физический труд. В угольных разрезах микроклиматические показатели зависят от метеорологических факторов окружающей среды (высокая температура и сухой воздух в летний период года, низкая температура зимой).

В подземных шахтах имеют место своеобразные микроклиматические условия: высокая температура (до 38–44°C), высокая относительная влажность (более 75%) и ограниченная подвижность воздуха (недостаточность искусственной вентиляции); низкая температура, высокая влажность воздуха и низкая температура стенок выработок, которые способны оказывать неблагоприятное влияние на теплообмен организма работающих. Температура воздуха в шахтах зависит от температуры и количества подаваемого воздуха с поверхности, его влажности и водообильности пластов. При испарении влаги в шахте, каждый килограмм испарившейся воды отнимает от воздуха около 600 kcal. Недостаточный подогрев наружного воздуха, подаваемого в шахту в холодный период года, обуславливает низкую температуру воздуха на рабочих местах в забоях.

Атмосферный воздух, поступая в шахту с дневной поверхности и проходя по подземным угольным выработкам, изменяет свой состав вследствие перемешивания выделяющихся из угольной породы и образующихся газов при подземных работах. Шахтный воздух характеризуется повышенным содержанием углекислого газа, оксида углерода, окислов азота, метана, сероводорода, сернистого газа и уменьшенным содержанием кислорода. Угольная пыль характеризуется совокупностью свойств (химический состав, растворимость, дисперсность, взрывоопасность, электростатическая зарядность, морфология), определяющих поведение ее в воздухе и действие на организм. Пылеобразование в шахтах по добыче каменного угля (крепкий уголь) на шахте «Шаргуньская», образование пыли примерно на 25% больше, чем при добыче бурого угля (мягкий уголь) на подземной «Шахта № 9 Ангренская». Из общего количества витающей пыли 60% образуется при работе механизмов, около 20% — при взрывных работах в забое, 10% — при отбойке, 10% — при прочих работах (Белов С.В., 1999).

В шахтном воздухе взвешенная угольно-породная пыль имеет дисперсность: до 40–80% пылевых частиц имеют размеры до 1,3 мк, 15–5% — до 2,6 мк, 5–20% — до 4 мк и 3–10% — свыше 4 мк. Угольная пыль в шахте хорошо переносится вентилируемыми потоками воздуха.

Воздействие угольно-породной пыли на дыхательную систему шахтеров характеризуется развитием изменений практически во всех структурах бронхиальной стенки, выявляемых при фибробронхоскопии уже на стадии «предбронхита». В большинстве случаев подчеркивается ведущая роль инфекционного фактора в развитии «пылевого бронхита» (Зерцалова В.И. и др., 1983; Милиникова В.В., 2004).

Исследования УТ рабочих основных профессий подземной шахты показали, что они не отвечают санитарным нормам по запыленности (превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) в 10–20 раз — у шахтеров очистных забоев), шуму (превышение ПДУ на 15–20 dBA — у машинистов погрузочной машины), вибрации (превышение ПДУ на 5–10 dB — у машинистов подземных машин) и микроклимату. По результатам измерений в «Разрезе Ангренский» (открытая добыча угля) выявлено, что на рабочих местах машинистов экскаваторов уровни шума и общей вибрации превышают ПДУ на 4 dB, а уровень локальной вибрации — на 1–2 dB. В кабинах водителей большегрузных автомобилей уровень шума выше ПДУ на 2–4 dB, общей вибрации — на 6 dB.

Исследования показали, что среди шахтеров «Шахты № 9» по характеру течения заболевания легких пылевой этиологии встречаются у 12,9% лиц со стажем более 15 лет и классифицируются как медленно прогрессирующая форма пневмокониоза. Полученные результаты функциональных исследований дыхательной системы (ФВД-исследование) показали, что среди лиц с выявленным заболеванием легких наблюдались нарушения ФВД в 75% случаях, которые предшествуют развитию ПЗ и являются рефлекторной реакцией организма на воздействие угольной пыли. У лиц со стажем более 15 лет в 32,3% случаях отмечают медленное прогрессирование заболевания в виде усиления кашля, в 25,8% случаях отмечается одышка, а в 12,9% случаях — боль в области груди и в 9,7% случаях — повышенная утомляемость.

На протяжении многих лет ПЗ в угольной промышленности остается самой высокой в Узбекистане и в 7–8 раз превышает в целом уровень профессиональной заболеваемости по республике.

Длительное воздействие угольно-породной пыли ведет к развитию патологических изменений в легких, которые вначале не имеют клинических проявлений (Бондарев О.И., 2010). Угольная пыль вызывает ответную реакцию со стороны слизистой оболочки бронхов с увеличением секреции слизи, повышением ее вязкости, развитием воспаления (Басанец А.В., 2002.; Гриппи М.А., 1997). Происходит активация кониофагов — клеток, поглотивших угольные пылевые частицы (Величковский Б.Т., 2001). Цитокины, выделяемые кониофагами, а также вещества, поступающие в межклеточное пространство при их разрушении, стимулируют тканевые нейтрофилы, фибробласты и лимфоциты. Увеличивается проницаемость стенок капилляров, усиливается отек слизистой бронхов и более активно вовлекаются в воспалительный процесс циркулирующие лейкоциты (Гриппи М.А., 1997; Ярилин А.А., 2004).

При попадании угольной пыли в организм в первую очередь происходит поглощение ее фагоцитами. Альвеолярные макрофаги выстилают альвеолы и являются первыми иммунологически компетентными клетками, поглощающими вдыхаемые угольные частицы. Макрофаги, находящиеся на поверхности альвеол, идеально расположены для взаимодействия с антигеном и предоставлением его Т-лимфоцитам. Известно, что лимфоциты находятся в окружении сывороточных липопротеинов, блокируют включение тимидина в лимфоциты. Наибольшей ингибирующей способностью обладают липопротеиды низкой плотности (Боева С.С., 2010).

У шахтеров изменения бронхов заключаются в невоспалительном уменьшении толщины эпителия и нарушении его архитектоники, в гипертрофии бронхиальных желез и атрофии гладкомышечных клеток, в развитии бронхиального и перибронхиального склероза, что соответствует первичной атрофической бронхопатии (Безрукова Г.А., и др., 2003). Снижение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности в менее длительные сроки воздействия угольной пыли и двукратное

увеличение лейкоцитов в крови в более длительные сроки косвенно свидетельствуют об изменении иммунной реактивности (Эшмен Р.Ф., 1987). Исследование цитологического материала при бронхоальвеолярном лаваже при профилактических медицинских осмотрах (ПМО) у шахтеров позволило выявить ранние признаки развивающейся бронхолегочной патологии, что необходимо как для более объективного установления диагноза, так и для определения распространенности патологического процесса по бронхиальному дереву с целью возможной профилактики профессионального бронхосклероза (пневмокониоза).

По данным литературных источников, у пациентов с пневмокониозом наблюдаются нарушения неспецифической иммунной реактивности, дефицит Т-системы и гиперфункция В-системы иммунитета, выраженные аутоиммунные реакции гуморального типа (повышение уровня аутоантител к антигенам из легких, почек, суставов, тимуса), увеличение циркулирующих иммунных комплексов и повышение концентрации иммуноглобулинов основных классов — А, М, G (Боева С.С., 2010).

Реализация основных задач и программных целей позволила провести на предприятиях угольной промышленности реформирование системы охраны труда, повысить ее эффективность, вовлечь в процессы охраны труда все стороны трудовых отношений, создать механизмы управления профессиональными рисками и оздоровления работающего населения угольной промышленности Узбекистана [2].

Реформа предполагает переход на новую систему управления охраной труда, в основе которой лежит система управления ПР. Но прежде чем перейти к управлению рисками, необходимо определить методы и выстроить систему количественной оценки рисков повреждения здоровья работников на низовом уровне (предприятие). Принципы идентификации опасностей и оценки рисков заложены в ГОСТ ССБТ 12.0.230:2007 и O'zDSt.OHSAS-18001:2009 [6, 7]. Как известно, на соответствие стандарта O'zDSt.OHSAS-18001:2009 осуществляется сертификация систем менеджмента качества (СМК) по управлению охраной труда предприятий Узбекистана, которая является на текущий момент наиболее авторитетной и признается во всем мире.

Условия труда оцениваются на рабочих местах путем оценки травмобезопасности рабочего места как соответствие установленных объектов нормативным требованиям безопасности, а также соответствие обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ) на рабочем месте, установленным нормам их бесплатной выдачи (Ибрагимов Г.З. и др., 2004).

Аттестация рабочих мест (АРМ) по условиям труда, включающая гигиеническую классификацию условий труда, является адекватным инструментом ранжирования рисков от опасностей, генерируемых вредными и опасными производственными факторами. В настоящее время при АРМ по условиям труда классифицируются только риски от производственных факторов, но не оценивается взаимосвязь выявленных рисков с показателями состояния здоровья работника. До настоящего времени в Узбекистане не разработан механизм оценки травмобезопасности, который мог бы в полной мере охватить все возможные риски травмирования работника от оборудования и от опасностей, определяемых состоянием производственной среды. Оценка обеспеченности работника СИЗ на соответствие нормам бесплатной их выдачи носит социальный характер и не связана с фактическими результатами оценки условий труда и соответственно с оценкой защищенности от фактических рисков на рабочем месте.

В основу разработанной методики оценки условий труда и аттестации рабочих мест по условиям труда были положены характерные принципы оценки рисков, применяемые в международной практике, в части идентификации опасностей и ранжирования рисков от таких опасностей, а также принципы оценки и классификации условий труда, используемые при АРМ по условиям труда.

Для обеспечения эффективной работы по совершенствованию механизмов оценки, инструментального контроля ПР необходима подготовка новых методологий, системных нормативных документов по оценке ПР:

- регламент по идентификации опасностей и оценке рисков травмирования на рабочих местах с ОВПФ;
- регламент производственного контроля условий труда на рабочих местах (мониторинг);
- методики интегральной оценки условий труда на рабочем месте с учетом комплексного воздействия производственных факторов, относящихся к различным классам вредности;
- алгоритма расчета вероятности утраты работником трудоспособности в зависимости от состояния условий труда на рабочем месте;
- алгоритма расчета индивидуального ПР в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника;
- методика расчета интегрального показателя уровня ПР на предприятии.

**Заключение.** На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее значимыми для ПР факторами производственной среды угольных шахт являются шум, вибрация, угольно-породные аэрозоли, оксид углерода и диоксид азота.
2. Обнаруженное при цитологическом анализе резкое увеличение количества, размеров и «нагруженности» угольными частицами цитоплазмы альвеолярных макрофагов («кониофагов») указывает на развитие пневмокониотического процесса, несмотря на отсутствие клинических проявлений патологии.
3. У обследованных шахтеров установлен вторичный иммунодефицит Т-звена иммунной системы, который характеризуется снижением абсолютного и относительного количества Т-лимфоцитов, их регуляторных субпопуляций — Т-хелперов и Т-супрессоров, а также дефицитом неспецифических факторов защиты организма.
4. Принцип оценки эффективности СИЗ должен обеспечивать защиту от существующего на рабочем месте риска вне зависимости от номенклатуры, регламентируемой бесплатными нормами выдачи СИЗ.
5. Показатели индивидуальных ПР работников являются ключевыми элементами расчета интегрального (условно усредненного) показателя ПР, на основе которого предполагается рассчитывать страховые тарифы, принимать другие управленческие решения социально-экономического характера.
6. Оценка ПР на основе внедрения системы оценки и управления ПР на каждом рабочем месте, персонификация данных и расчет индивидуального риска каждого работника.
7. Для повышения качества профилактических медицинских осмотров, ранней диагностики ПЗ и динамического наблюдения за их течением необходимо введение «Регистра учета профзаболеваний», который должен включать информацию о результатах медицинских осмотров и результатах функциональных исследований работников, их индивидуальных данных (возраст, стаж, вредные факторы условий труда и т. д.).

## Литература

1. О дополнительных мерах по реализации в 2014–2016 годах, ратифицированных Республикой Узбекистан конвенций Международной организации труда (МОТ): постановление Каб. Министров Респ. Узбекистан № 132 от 27.05.2014 // Собр. законодательства Респ. Узбекистан. — Ташкент, 2014. — № 22. — С. 257.
2. Об утверждении программы модернизации, технического и технологического перевооружения предприятий угольной промышленности и ее сбалансированного развития на период 2013–2018 годы: постановление Каб. Министров Респ. Узбекистан № 161 от 06.06.2013 // Собр. законодательства Респ. Узбекистан. — Ташкент, 2013. — № 23. — С. 307.
3. Типовое положение об организации работ по охране труда: зарег. М-вом юстиции Респ. Узбекистан № 273 от 14.08.1996. — Ташкент, 1996. — 25 с.
4. Управление энергетической информации США (EIA: US Energy Information Administration) [Электронный ресурс]. — (Международная энергетическая статистика = International Energy Statistics). — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>. — Дата обращения: 02.07.2016.
5. К 2016 году в Узбекистане планируется увеличить добычу угля в 2 раза [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://economics.uzreport.uz/news\\_r\\_120144.html](http://economics.uzreport.uz/news_r_120144.html). — Дата доступа: 02.07.2016.
6. ГОСТ 12.0.230:2007. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Система управления охраной труда. Общие требования» (ILO-OSH 2001, IDT). — Минск, 2007. — 18 с.
7. O'zDSt.OHSAS-18001:2009. Система менеджмента профессиональной безопасности и здоровья. Спецификация. — Ташкент, 2009. — 17 с.

## INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON HEALTH STATUS OF COAL INDUSTRY WORKERS

*Adilov U.Kh.*

*Research Institute of Sanitation, Hygiene & Occupational Diseases of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

The need of evaluation implementation of a level of occupational factors risk assessment of the production environment has been determined; the tendency of the progressing growth of occupational accidents quantity and morbidity (general and professional) has been identified. According to these facts, the methodology of identification and bond justification between long-term impact of dangerous and harmful production factors of working conditions, which are the factors of occupational risks and probability of the causing of harm to the life and health of the worker, has been developed in Research institute of sanitation, hygiene and occupational diseases of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan (RISHOD MH RUz). The purpose of the study was to conduct the occupational risks assessment in case of the influence contact of different factors of the production environment on health status of coal industry workers. The conducted research at workplaces of the coal-mining entities of JSC "Uzbekugol" which produce brown coal by the opened method ("Angren Coal mine") and the underground ("Angren Mine № 9") method, as well as coal production (Shargun mine) showed that the factors of the production environment of coal mines, considerable for occupational risk, are noise, vibration, coal and rock aerosols, carbon oxide and dioxide of nitrogen. The coal dust exerts adverse influence on immune system, causing pathological changes in pulmonary tissue where the pneumoconiosis process violently develops. The implementation of the system of assessment and management of occupational risk on each workplace is carried out with the personification of data and the calculation of individual risk of each worker.

**Keywords:** professional risks, coal industry, working conditions, coal production, mine, coal dust, occupational morbidity, pneumoconiosis.

Поступила 19.07.2016

## ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА У МЕХАНИЗАТОРОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

*Бакуткин В.В., Данилов А.Н.*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,  
Саратов, Российская Федерация*

**Реферат.** Компьютеризация процессов управления требует от механизатора одновременного контроля различных систем по мониторам, что при длительном воздействии вызывает значительное зрительное напряжение. В связи с этим субъективными (анкетирование) и объективными (ручная офтальмоскопия, тонометрия) методами исследовали зрительный анализатор 63 трактористов-машинистов (механизаторов) в возрасте 21–60 лет, стаж — 3–42 года. По результатам анкетирования у большинства обследуемых выявлены жалобы на зрение общего характера, ухудшение зрения вблизи (пресбиопию), ухудшение зрения за последний год, длительность непрерывной зрительной нагрузки во время работы более 8 ч, ухудшение зрения в конце рабочей смены. При офтальмоскопии переднего отрезка у механизаторов со стажем работы более 15 лет обнаружены признаки хронического раздражения конъюнктивы (конъюнктивальная инъекция, птеригиум), а также рубцовые изменения роговицы вследствие травмы. Уровень внутриглазного давления у всех обследованных не выходил за границы нормы. Нарушения зрения, а также возрастные пресбиопические изменения значительно усложняют анализ поступающей информации, вызывая тем самым преждевременное утомление, что сами работники рассматривают как значимую проблему, влияющую на эффективность труда. В связи с этим требуются контроль уровня зрительного напряжения и разработка эффективных способов снятия зрительного утомления для данной категории работников.

**Ключевые слова:** механизаторы сельского хозяйства, зрительный анализатор, утомление, эффективность труда.

**Введение.** Число работающих в условиях воздействия производственных факторов с риском развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний составляет около 17 млн человек. За 2007–2011 гг. в Российской Федерации было зарегистрировано 39562 случая профессиональных заболеваний, при этом наблюдалось динамичное сни-

жение их числа. В 2011 г. зарегистрировано 7665 новых случаев профессиональных заболеваний (среди них 20,5% — у женщин, 79,5% — у мужчин) [7].

Механизаторы сельского хозяйства являются основной рабочей силой сельскохозяйственного производства, выполняющая 85–90% всего объема полевых работ по производству зерновой продукции [6]. Согласно имеющимся в научной литературе данным, условия труда механизаторов на отечественной сельскохозяйственной технике старых образцов характеризуются комплексом вредных факторов — микроклиматический дискомфорт, загрязненность воздуха рабочей зоны пылью, выхлопными газами пестицидами и агрохимикатами, повышенные уровни шума, локальной и общей вибрации, чрезмерные тяжесть и напряженность трудового процесса и согласно классификации труда по Р 2.2.2006-05 оцениваются как вредные 3 и 4-й степеней (класс 3.3 и 3.4).

В настоящее время в связи с внедрением в сельское хозяйство современной импортной и отечественной техники с комфортабельными кабинами с защитой от инсоляции, фильтрацией и кондиционированием воздуха, эргономичной конструкцией рабочих мест риски для здоровья механизаторов частично снижаются, но полностью не ликвидируются. Сохраняются тяжелые условия труда, обусловленные длительным нахождением в статичной рабочей позе, появились компьютеризация процессов управления техникой и производственным процессом, необходимость длительного сосредоточенного наблюдения, приводящие к повышению напряженности трудового процесса и формирующие вредные условия труда условия труда 1-й степени (класс 3.1).

Воздействие вредных факторов условий труда может приводить к развитию функциональных нарушений в деятельности отдельных органов и систем организма механизаторов, возникновению и развитию профессионально обусловленных и профессиональных патологий. Несмотря на то, что изучению состояния здоровья механизаторов сельского хозяйства посвящено достаточное количество работ, исследования состояния зрительного анализатора практически не проводилось [4]. При этом не вызывает сомнения ведущая роль зрительного анализатора в реализации механизатором профессиональной деятельности. В силу специфики условий труда (различные погодные условия, внеурочные работы) орган зрения механизатора подвержен влиянию комплекса вредных факторов [1, 5]. Продолжительное воздействие яркого солнечного света вызывает изменения на сетчатке и в хрусталике. Прямой солнечный свет способен вызывать ожог области желтого пятна, в результате чего снижается центральное зрение, появляется центральная скотома. Ультрафиолетовое излучение при ремонтных работах и повышенной инсоляции вызывает электроофтальмию, которая выражается в появлении острой боли, блефароспазма, слезотечения и гиперемии конъюнктивы, перикорнеальной инъекции, отека роговицы и мелких эрозий. Ультрафиолет также губителен для хрусталика и способствует развитию катаракты. Аэрозоль пыли смешанного характера может включать минеральные и органические вещества, бактерии, различные токсичные вещества, вносимые при обработке почвы, выхлопные газы, поднимаемые порывами ветра на открытом пространстве или во время работы техники, вызывает хроническое раздражение конъюнктивы глазного яблока, а при длительном воздействии — птеригиум [2].

Кроме того, при несоблюдении техники безопасности, а также несчастных случаях при эксплуатации и ремонте сельскохозяйственной техники возможны травмы глаза. Орган зрения без должной защиты наиболее уязвим для травм. В сельском хозяйстве встречаются механические травмы, возникающие при ремонте и эксплуатации сельскохозяйственной техники, травмы, полученные непосредственно при сельскохозяйственных работах и не связанные с использованием машин и механизмов, а также ожоги глаз различными химическими веществами, применяемыми в сельском хозяйстве [3].

В настоящее время сельскохозяйственная техника активно совершенствуется, уровни вибрации, шума, усилия на органах управления значительно снижены, кабины защищают от ультрафиолета, пыли, гари. Однако взамен одних факторов вредности появляются другие. Компьютеризация процессов управления требует от механизатора одновременного контроля различных систем по мониторам, что при длительном воздействии вызывает значительное зрительное напряжение. Кроме того, у работников старше 40 лет возможны пресбиопические изменения — нарушения аккомодации, возможности фокусировки взгляда вблизи-вдаль, вызывают дополнительные сложности операторской работы и приводят к преждевременному утомлению зрительного анализатора [7]. Таким образом, требования к состоянию зрения при работе на современной технике возрастают.

**Цель работы** — исследование состояния зрительного анализатора механизаторов сельского хозяйства.

**Материалы и методы.** В условиях медпункта ЗАО Племзавода «Мелиоратор» Марковского района Саратовской области обследовано 63 тракториста-машиниста (механизатора). Возраст обследуемых —  $45,8 \pm 2,1$  (21–60) года, стаж —  $27,5 \pm 2,1$  (3–42) года. Обследуемая группа работала в растениеводстве при эксплуатации мобильно-тракторных агрегатов типа John Deere, CLAAS, МТЗ. Для субъективной оценки состояния зрительного анализатора нами была разработана анкета-опросник, включающая 11 вопросов. Для объективного осмотра наружного и среднего сегмента глаза использовался ручной офтальмоскоп. Измерение внутриглазного давления производили с помощью портативного офтальмотонометра.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам анкетирования, жалобы на зрение общего характера предъявили 53% опрошенных, ухудшение зрения вблизи (пресбиопия) — 41%, ухудшение зрения за последний год — 12%, длительность непрерывной зрительной нагрузки во время работы более 8 ч отметили 85%, ухудшение зрения в конце рабочей смены ощущали 35% механизаторов. Оценка ответов на вопросы анкеты выявлена корреляция жалоб со стороны органа зрения с возрастом ( $r = 0,74$ ;  $p < 0,0001$ ), общим стажем ( $r = 0,69$ ;  $p < 0,0001$ ) и профессиональным ( $r = 0,036$ ;  $p = 0,04$ ). Связь симптоматики с профессиональной нагрузкой также коррелирует с возрастом и общим стажем ( $r = 0,45$  и  $r = 0,46$  соответственно при  $p < 0,01$ ). Интересно, что использование пресбиопических очков не коррелировало среди обследованных ни с возрастом, ни со стажем, тогда как пользование очками для дали отчетливо связывалась с возрастом и общим стажем ( $r = 0,72$  и  $r = 0,64$ ).

При офтальмоскопии переднего отрезка конъюнктивальная инъекция обнаружена у 63% обследованных, у 18% обнаружен двусторонний птеригиум слабо выраженной степени, у 15% — двусторонний птеригиум выраженной степени, рубцовые изменения роговицы вследствие травмы отмечены у 9%. У 32% лиц со стажем работы до 15 лет выявлена гиперемия конъюнктивы глазных яблок, а также у 16% — птеригиум начальной степени. Птеригиума выраженной степени и следы травматизации роговицы, склеры не обнаружены. При тонометрии у всех обследуемых уровень внутриглазного давления не выходил за границы нормы (12–20 мм рт. ст.): правый глаз —  $15,44 \pm 0,43$  мм рт. ст., левый —  $15,68 \pm 0,46$  мм рт. ст.

**Заключение.** Таким образом, в связи с развитием сельскохозяйственной техники, на фоне снижения влияния пыли, шума, вибрации, усилия на органах управления работа механизатора стала приближаться к труду оператора, отслеживающего множество показателей по дисплеям мониторов при одновременном контроле целого ряда устройств. Это значительно увеличило нагрузку на зрительный анализатор. Нарушения зрения, а также возрастные пресбиопические изменения значительно усложняют анализ поступающей информации, вызывая тем самым преждевременное утомление, что сами работники рассматривают как значимую проблему, влияющую на эффективность труда. В связи с этим требуются контроль уровня зрительного напряжения и разработка эффективных способов снятия зрительного утомления для данной категории работников.

#### Литература

1. Безуглый, Б.С. Воздействие неблагоприятных факторов производства на орган зрения и новые методы реабилитационного лечения / Б.С. Безуглый, Е.В. Буянова // Офтальмол. журн. — 1993. — № 3. — С. 147–149.
2. Буянов, Е.С. Эргономические факторы риска в развитии функциональных нарушений у механизаторов сельского хозяйства / Е.С. Буянов, Т.А. Новикова // Здоровье населения и среда обитания. — 2011. — № 12. — С. 30–32.
3. Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства саратовской области / Л.А. Варшамов [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. — 2011. — № 12. — С. 10–13.
4. Егоров, Е.А. Утомление органа зрения при работе с видеодисплейными терминалами / Е.А. Егоров, А.Г. Мокринская // Офтальмол. журн. — 1993. — № 1. — С. 51–55.
5. Зуева, М.В. О возможности повреждения светом тканей глаза и значении этого явления в практике офтальмологии / М.В. Зуева // Актуальные вопросы патологии сетчатой оболочки и зрительного нерва. — М., 1982. — С. 129–139.
6. Новикова, Т.А. Гигиеническая оценка и управление профессиональным риском для здоровья механизаторов сельского хозяйства / Т.А. Новикова // Здоровоохранение Рос. Федерации. — 2011. — № 11. — С. 72–73.
7. Условия труда как факторы профессионального риска для функциональных нарушений у механизаторов сельского хозяйства / Т.А. Новикова [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2014. — № 2. — С. 48–53.

### PRODUCTION FACTORS INFLUENCE ON THE VISUAL ANALYZER OF AGRICULTURAL FARM MACHINERY OPERATORS

*Bakoutkin I.V., Danilov A.N.*

*Federal Budget Institution of Science "Saratov Scientific Research Institute of Rural Hygiene" of Rosпотребнадзор, Saratov, Russia*

The computerization of management processes requires the operator to simultaneously control various systems on monitors that causes significant eyestrain on prolonged exposure. In this regard, the visual analyzer of 63 tractor operators-machinists (mechanics) age 21 to 60 with 3–42 years length of service has been examined by subjective (questionnaires) and objective (manual ophthalmoscopy, tonometry) methods. According to the survey results, the complaints about the sight, the reduction in near vision (presbyopia), the reduction in vision for the last year, the duration of continuous visual load at work more than 8 hours, the reduction in vision at the end of the work shift have been revealed in the majority of subjects. The signs of chronic irritation of the conjunctiva (conjunctival injection, pterygium), and cicatricial changes of the cornea due to injury have been revealed in the process of the ophthalmoscopy of the anterior segment of mechanics with over 15 years length of service. The level of intraocular pressure in all the examined not exceed limits of normal. Visual impairment and age presbyopic changes considerably complicate epy analysis of incoming information, thereby causing premature fatigue, what the workers see as a significant problem affecting the efficiency of labor. This fact requires controlling the level of eyestrain and development of effective ways of relieving visual fatigue for this category of workers.

**Keywords:** agricultural farm machinery operators, visual analyzer, fatigue, efficiency of labor.

Поступила 19.07.2016

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИКО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВЕРТЕБРОНЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ТРАКТОРИСТОВ-МАШИНИСТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Безрукова Г.А., Данилов А.Н., Новикова Т.А., Шалашова М.Л., Райкин С.С.*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены»  
Роспотребнадзора, Саратов, Российская Федерация*

**Реферат.** На основе результатов гигиенической оценки условий труда на мобильной сельскохозяйственной технике установлено, что при эксплуатации техники старых образцов механизаторы сельского хозяйства подвергались воздействию более широкого спектра вредных производственных факторов (физическое перенапряжение, повышенные уровни вибрации, неблагоприятный микроклимат), способных выступать в роли триггеров при формировании вертеброневрологических заболеваний, чем на более современных моделях тракторов и зерноуборочных комбайнов, при эксплуатации которых риск развития дорсопатий был, в основном, связан с физическим перенапряжением, обусловленным длительным нахождением в статичной фиксированной рабочей позе.

С 2000 по 2015 гг. на территории Саратовской области профессиональные заболевания были выявлены у 457 механизаторов сельского хозяйства. Уровень профзаболеваемости среди этой профессиональной группы оставался стабильно повышенным по сравнению с общеотраслевой (1,52–5,85 на 10000 работающих в сельском хозяйстве Российской Федерации), составляя по разным годам наблюдения от 25,3 до 55,3 на 10000 механизаторов. В нозологическом спектре накопленной профзаболеваемости первое ранговое место занимали вертеброневрологические заболевания — радикулопатия пояснично-крестцового уровня.

С учетом категорий риска, тяжести и индекса профзаболеваний вертеброневрологические заболевания механизаторов сельского хозяйства были отнесены к высокой категории риска с индексом профессиональных заболеваний равным 0,5%.

**Ключевые слова:** трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства, вредные факторы производственной среды и трудового процесса, профессиональные вертеброневрологические заболевания.

**Введение.** В настоящее время одной из актуальных медико-социальной проблем становится высокая распространенность вертеброневрологических заболеваний (ВНЗ), приобретающая характер неинфекционной эпидемии. В течение жизни от боли в спине страдают от 34 до 82% населения стран мира, пик заболеваемости приходится на трудоспособный возраст, а денежные затраты на лечение дорсалгий, по данным ВОЗ, в три раза превышают затраты на лечение онкологических больных [7]. В России эта патология дает от 20 до 80% случаев временной нетрудоспособности в социально активной популяции и 20,4% — в общей структуре инвалидности при дегенеративных заболеваниях костно-суставной системы [2].

По данным эпидемиологических исследований синдром боли в спине широко распространен среди трудоспособного сельского населения. Причем из-за ограниченной доступности специализированной медицинской помощи в силу удаленности большинства сельских поселений от медицинских организаций, нежелания или невозможности прерывания трудовой деятельности, а также отсутствия активной выявляемости ВНЗ во время обязательных медицинских осмотров фактические значения заболеваемости работников сельского хозяйства превышают уровень, зарегистрированный по данным обращаемости за медицинской помощью в 1,7 раза [6].

Вертеброневрологические заболевания имеют полиэтиологическую природу; в их формирования могут принимать участие различные факторы: биомеханический, инволюционный, наследственный, аномалии развития, гормональный, сосудистый (гипоксический), аутоиммунный, а также неблагоприятные условия окружающей среды, в том числе производственной, провоцирующие их возникновение и обостряющие клиническое течение [4].

В последнее десятилетие в общей структуре профзаболеваемости, регистрируемой на территории Российской Федерации, ВНЗ занимают одно из первых ранговых мест и поражают в основном мужчин в возрасте до 50 лет. Профессиональными факторами риска развития ВНЗ могут являться: физическое перенапряжение (тяжесть трудового процесса), общая и локальная вибрация, неблагоприятные метеоро- и микроклиматические условия, повышенные уровни шума, хронический стресс, загрязнение воздуха работников сельхозоbjectами химическими соединениями [3, 5].

Трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства (механизаторы сельского хозяйства) являются наиболее квалифицированной профессиональной группой аграрного сектора, условия труда которых определяются техническими характеристиками и состоянием используемого машинотракторного парка. При эксплуатации сельскохозяйственной техники они в той или иной степени могут подвергаться воздействию практически всех вышеперечисленных вредных производственных факторов [1].

**Цель работы** — факторный анализ медико-гигиенических аспектов риска развития профессиональных вертеброневрологических заболеваний у трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства на основе комплексной гигиенической оценки условий труда, уровня и структуры профессиональной заболеваемости.

**Материалы и методы.** Нами были исследованы условия труда при работе на сельскохозяйственной технике, эксплуатируемой сельхозпредприятиями Саратовской области — тракторах старых (ДТ-75, ДТ-75Н, ДТ-75С, К-700, К-701А, ВТ-100 «Волгарь», МТЗ-80) и новых («Белорус 1523») образцов и зерноуборочных комбайнах старого (СК-5М «Нива», СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», РСМ-10 «Дон-1200» и РСМ-10 «Дон-1500») и нового (РСМ-101 «VECTOR» и РСМ-142 «ACROS») поколений, при выполнении основных видов сезонных полевых работ годового цикла. Классификация факторов рабочей среды и трудового процесса была проведена согласно Руководству 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Оценка риска здоровью — в соответствии с Руководством Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

Анализ профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства был выполнен на основе данных клинико-профессиональных заболеваний ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора и статистических материалов Управления Роспотребнадзора по Саратовской области, сформированных по форме № 389-1/у-01 «Карта учета профессионального заболевания (отравления)» за период с 2000 по 2015 гг.

Статистическая обработка данных была проведена с использованием программных приложений Microsoft Office 2007 (MS Excel-07) и программы Statistica 10.0.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ результатов исследования показал, что наиболее значимыми факторами, формирующими вредные условия труда механизаторов сельского хозяйства, были повышенные уровни шума и вибрации, запыленность воздуха рабочей зоны, неблагоприятные микроклиматические условия в кабинах, выраженность которых зависели от вида выполняемых работ, марки и срока эксплуатации мобильной сельхозтехники, а также тяжесть трудового процесса (таблица 1).

В кабинах тракторов и зерноуборочных комбайнов старых образцов, не оборудованных кондиционерами, либо оборудованных малоэффективными вентиляционными установками, формировался дискомфортный нагревающий микроклимат с превышением допустимых значений по температуре от 1 до 5,5°C. При исправно работающих кондиционерах в кабинах тракторов и комбайнов нового образца РСМ 101 «Вектор» и РСМ 142 «Акрос» и тракторов импортного производства (Class «Аксion») температура воздуха не превышала допустимые. В холодный период года температура воздуха в кабинах тракторов опускалась ниже нормативной (+14°C) с перепадом температур по вертикали 8–2°C.

Для уменьшения микроклиматического дискомфорта в летний период механизаторы были вынуждены работать с открытыми окнами, что приводило к увеличению содержания пыли в зоне дыхания. Концентрация пыли в воздухе кабин колебалась в пределах 9,0–119,0 мг/м<sup>3</sup>, превышая ПДК в 2,5–29 раз. Пыль, содержащаяся в воздухе кабин тракторов, по своему составу была преимущественно минеральная, мелкодисперсная. В кабинах зерноуборочных комбайнов — органического происхождения с примесью минеральной, состоящая в основном из растительных остатков. Воздух кабин сельскохозяйственной техники был загрязнен выхлопными газами (в пределах ПДК).

Таблица 1. — Факторы профессионального риска здоровью трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства

Фактор	Старые образцы техники		Новые образцы техники	
	класс условий труда	категория профессионального риска	класс условий труда	категория профессионального риска
Микроклиматический дискомфорт	вредный 3.2	средний (существенный)	оптимальный 1	риск отсутствует (при исправной работе кондиционера)
Загазованность воздуха				
Запыленность воздуха рабочей зоны	вредный 3.3	высокий (непереносимый)		
Повышенные уровни шума	вредный 3.2	средний (существенный)	от допустимого 2 до вредного 3.1	от пренебрежимо малого (переносимого) до малого (умеренного) в зависимости от длительности эксплуатации техники
Повышенные уровни вибрации				
Тяжесть трудового процесса			вредный 3.2	средний (существенный)

На всех моделях и марках обследованных тракторов при выполнении всех видов полевых работ регистрировался широкополосный шум с превышением ПДУ как на низких, так и на высоких частотах на 1–17 дБА. Наибольшее превышение уровней звука было зарегистрировано в кабинах гусеничных тракторов ДТ-75 и ДТ-75С при севе зерновых культур, наименьшее — на рабочем месте тракториста «Белорус 1523» при транспортных работах. При уборке зерновых культур наибольшие уровни звука отмечались в кабинах зерноуборочных комбайнов старого образца.

Общая вибрация в кабинах исследуемой техники была представлена широкополосными процессами со спектром, охватывающим 1–250 Гц. В кабинах тракторов превышение допустимых уровней общей вибрации выявлено на среднегеометрических частотах 4–16 Гц, для зерноуборочных комбайнов — на частотах 4–31,5 Гц. Превышение ПДУ локальной вибрации на 1–5 дБ было зарегистрировано на органах управления тракторами при севе зерновых и пахотных работах. При работе на новых зерноуборочных комбайнах уровни шума, общей и локальной вибрации не превышали ПДУ. При эксплуатации этой техники 5 и более лет отмечалось повышение уровней звука на 5 дБА.

Работающие на технике старых образцов находились в неудобной статичной рабочей позе с частыми наклонами корпуса вперед и в стороны от 60,0 до 80,4% от рабочего времени смены в зависимости от выполняемых работ, вида и марки сельскохозяйственной техники. Формирование неудобной рабочей позы было обусловлено конструктивными недостатками рабочих мест, размерные и пространственные характеристики которых не соответствовали эргономическим требованиям. Нагрузка на опорно-двигательный аппарат механизаторов была связана с усилиями, прилагаемыми к органам управления при их переключении. Неблагоприятным фактором условий труда явилось и неудовлетворительное состояние обзорности, провоцирующее частые (до 300 раз за смену) повороты назад и в стороны. На новой отечественной и импортной технике, оборудованной кабинами, соответствующими эргономическим требованиям, работа выполнялась в более удобной рациональной позе, однако ее статичность вела к физическому перенапряжению, формируя вредные условия труда 2-й степени (класс 3.2).

Трудовая деятельность механизаторов характеризовалась напряженностью функций внимания, зрительного и слухового анализатора, связанных с необходимостью точного вождения агрегата (особенно при посеве и уборке зерновых) и восприятия дифференцированных сигналов на фоне выраженных шумовых помех, а также нервно-эмоциональным напряжением, обусловленным сжатыми сроками выполнения полевых работ, нарушениями в организации труда, техническими неполадками машин и нередко нестабильными погодными условиями. При этом продолжительность рабочей смены механизаторов в период срочных сельскохозяйственных работ (посев, уборка) могла составлять 12 ч и более.

Таким образом, при работе на мобильной сельскохозяйственной технике старых образцов механизаторы сельского хозяйства подвергались воздействию более широкого спектра вредных производственных факторов (физическое перенапряжение, повышенные уровни вибрации, неблагоприятный микроклимат), способных выступать в роли триггеров при формировании ВНЗ, чем на более современных моделях тракторов и зерноуборочных комбайнов, при эксплуатации которых риск развития дорсопатий был в основном связан с физическим перенапряжением, обусловленным длительным нахождением в статичной фиксированной рабочей позе.

С 2000 по 2015 гг. на территории Саратовской области профессиональные заболевания (ПЗ) были выявлены у 457 механизаторов сельского хозяйства. Несмотря на более чем двукратное снижение за период наблюдения численности работающих в данной профессии (с 13086 до 6031 человека), уровень профзаболеваемости среди этой профессиональной группы оставался стабильно повышенным по сравнению с общетраслевой (1,52–5,85 на 10000 работающих в сельском хозяйстве Российской Федерации), составляя по разным годам наблюдения от 25,3 до 55,3 на 10000 механизаторов (таблица 2). Средний возраст механизаторов сельского хозяйства с первично установленным диагнозом ПЗ был 49,1±0,3 года, при этом в 73,4% случаев ПЗ развивались у лиц, проработавших в контакте с вредными производственными факторами от 10 до 30 лет (средний стаж — 23,3±0,4 года).

Таблица 2. — Динамика профессиональной заболеваемости трактористов-машинистов сельского хозяйства Саратовской области за 2000–2015 гг.

Годы наблюдения	Уровень профзаболеваемости, на 1000 механизаторов	Частота выявления профзаболеваний (диагнозов), на 1000 механизаторов	Частота выявления вертеброневрологических заболеваний, на 1000 механизаторов	Распространенность профессиональных ВНЗ, %
2000	3,08	3,47	1,66	47,7
2001	2,53	3,10	1,06	34,2
2002	3,68	5,52	2,03	36,8
2003	4,76	6,31	2,62	41,5
2004	5,53	8,65	3,82	44,3
2005	2,77	3,80	2,07	54,5
2006	4,73	8,28	4,33	52,4
2007	2,59	3,81	1,82	48,0
2008	5,05	11,44	4,04	35,3
2009	4,86	10,32	2,58	25,0
2010	4,24	7,21	3,02	41,9
2011	4,48	8,96	3,29	36,7
2012	3,38	7,3	2,00	27,3
2013	1,82	2,65	1,32	50,0
2014	2,41	4,82	1,66	34,5
2015	3,84	6,68	3,34	50,0
Среднегодовой (M±m)	3,7±0,27	6,4±0,67	2,54±0,25	41,26±2,21

В нозологическом спектре накопленной профессиональной заболеваемости первое ранговое место занимали вертеброневрологические заболевания (40,2%), а именно пояснично-крестцовая радикулопатия, второе — заболевания органов дыхания (19,3%): хроническая обструктивная болезнь легких, хронический пылевой необструктивный бронхит, бронхиальная астма, третье — вибрационная болезнь (18,1%), четвертое — нейросенсорная тугоухость (15,6%), пятое — заболевания опорно-двигательного аппарата (6,8%). При этом в последние 7 лет сформировалась стойкая тенденция роста числа лиц с впервые выявленными сочетанными ПЗ: только у 55,2% механизаторов сельского хозяйства было диагностировано одно ПЗ, у 39,4% пациентов было выявлено 2 заболевания, в 11,9% случаев — 3 ПЗ. Однако в 76,4% случаев при сочетанной профпатологии в качестве основного диагноза регистрировалась радикулопатия пояснично-крестцового уровня.

Необходимо подчеркнуть, что факторы, формирующие вредные условия труда при работе на мобильной сельскохозяйственной технике, способны вызывать развитие заболеваний периферической нервной системы пояснично-крестцового отдела только при относительно длительном профессиональном стаже. Зависимость частоты выявления среди механизаторов сельского хозяйства лиц с профессиональными ВНЗ от длительности контакта с вредными факторами труда описывалась (при достоверности аппроксимации  $R^2 = 1$ ) функцией полиномиального распределения случайной величины четвертой степени:

$$y = 0,0143x^6 - 0,4313x^5 + 5,1118x^4 - 29,694x^3 + 83,974x^2 - 96,275x + 40,3 \text{ (рисунок).}$$

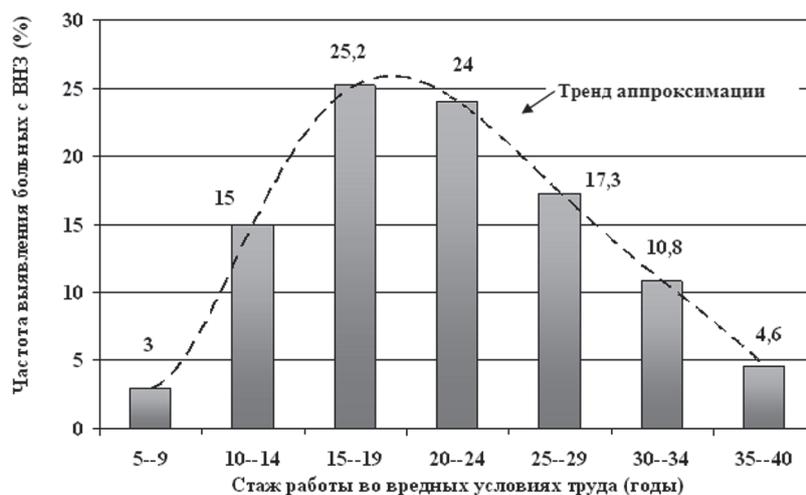


Рисунок — Распределение механизаторов сельского хозяйства с первично выявленными профессиональными вертеброневрологическими заболеваниями в функции стажа работы в профессии

Наши наблюдения показывают, что дебютом пояснично-крестцовой радикулопатии у этой категории работающих, как правило, являлись алгические синдромы, возникающие при стаже работы в профессии не менее 10 лет. Эти данные согласуются с результатами исследований других авторов, свидетельствующих, что в ряде профессий, сходных по своим санитарно-гигиеническим характеристикам с условиями труда на мобильной сельскохозяйственной технике, профессиональная вертеброгенная патология пояснично-крестцового отдела развивается в среднем спустя 10–15 лет от начала работы в профессии [3].

С учетом категорий риска, тяжести и индекса профзаболеваний, являющихся в соответствии с Р 2.2.1766-03 неотъемлемой составляющей оценки профессионального риска для здоровья, вертебрoneврологические заболевания механизаторов сельского хозяйства были отнесены к высокой категории риска с индексом профессиональных заболеваний равным 0,5%.

**Заключение.** Результаты исследования свидетельствуют, что, несмотря на имеющее место обновление машинотракторного парка, условия труда в профессии тракторист-машинист сельскохозяйственного производства по тяжести трудового процесса продолжают оставаться вредными и представляют высокий риск развития профессиональных вертебрoneврологических заболеваний, а именно рефлекторных и компрессионных синдромов пояснично-крестцового уровня, связанных с функциональным перенапряжением, что необходимо учитывать при разработке мероприятий по профилактике профессиональной патологии у этой категории работников сельского хозяйства.

В связи с тем, что полностью исключить вредное воздействие факторов рабочей среды и трудового процесса на механизаторов сельского хозяйства на современном этапе невозможно, особое значение приобретают превентивные гигиенические, санитарно-технические и медико-профилактические мероприятия. В первую очередь, это эргономическая оптимизация рабочих мест, гигиеническая регламентация и контроль уровней факторов рабочей среды, строгое соблюдение сроков текущего и капитального ремонтов мобильной сельхозтехники, гигиеническая и физиологическая рационализация технологических процессов и режима труда и отдыха, дифференцированный научно обоснованный профессиональный отбор среди поступающих на работу с учетом индивидуальных особенностей, антропометрических данных и наличия противопоказаний для работы в данной профессии, качественное проведение периодических медицинских осмотров и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на снижение риска развития профессиональных вертебрoneврологических заболеваний.

#### Литература

1. Буянов, Е.С. Априорный профессиональный риск для здоровья механизаторов сельского хозяйства / Е.С. Буянов, Т.А. Новикова // Здоровье населения и среда обитания. — 2011. — № 12. — С. 33–36.
2. Доронин, Б.М. Некоторые актуальные вопросы диагностики и лечения боли в спине / Б.М. Доронин, О.Б. Доронина // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. — 2010. — № 4. — С. 24–28.
3. Михалева, Т.С. Условия формирования и течения основных клинических синдромов с алгическими проявлениями при профессиональной вертеброгенной патологии пояснично-крестцового уровня / Т.С. Михалева // Медицина труда и пром. экология. — 2005. — № 6. — С. 23–27.
4. Попелянский, Я.Ю. Ортопедическая неврология (вертебрoneврология): рук. для врачей / Я.Ю. Попелянский. — М.: МЕДпрессинформ, 2003. — 670 с.
5. Профессиональная патология: руководство / Под ред. Н.Ф. Измерова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 784 с. (Национальное руководство).
6. Шуршуков, Ю.Ю. Исследование распространенности болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани среди взрослого сельского населения Липецкой области / Ю.Ю. Шуршуков, П.Ф. Солдатова // Медицина труда и пром. экология. — 2007. — № 2. — С. 41–44.
7. Liszka-Hackzell, J.J. An analysis of the relationship between activity and pain in chronic and acute low back pain / J.J. Liszka-Hackzell, D.P. Martin Martin // J. Anesth Analg. — 2004. — Vol. 99, № 2. — P. 477–481.

## MODERN MEDICAL AND HYGIENIC ASPECTS OF OCCUPATIONAL VERTEBRONEUROLOGICAL DISEASES OF AGRICULTURAL INDUSTRY'S MACHINE OPERATORS

*Bezrukova G.A., Danilov A.N., Novikova T.A., Shalashova M.A., Raikin S.S.*

*Federal Budget Institution of Science "Saratov Scientific Research Institute of Rural Hygiene" of Rosпотrebnadzor, Saratov, Russia*

Based on the results of hygienic assessment of working conditions in the mobile agricultural machinery it was established that agricultural industry's machine operators were exposed to a wider spectrum of harmful factors (physical strain, increased vibration levels, unfavorable microclimate) during use of old-pattern machinery, which can act as triggers in the vertebroneurological diseases formation, than more modern models of tractors and combine harvesters, while in operation of which the risk of dorsopathies was mainly associated with physical strain due to prolonged standing in a static fixed working posture.

Between 2000 and 2015 years on the territory of the Saratov region the occupational diseases were identified in 457 agricultural industry's machine operators. The level of occupational morbidity among this professional group remained consistently high compared to industry-wide one (1.52–5.85 per 10,000 workers in agriculture of the Russian Federation), accounting for different years of observation from 25.3 to 55.3 per 10,000 machine operators. The vertebroneurological diseases — radiculopathy lumbar-sacral level — ranked 1st in the nosological spectrum of the accumulated occupational morbidity.

Taking into account the risk categories, severity and index of occupational diseases, the vertebroneurological diseases of agricultural industry's machine operators were related to the high risk category with 0.5% index of occupational diseases.

**Keywords:** agricultural industry's machine operators, harmful factors of production environment and workflow, occupational vertebroneurological diseases.

Поступила 19.07.2016

## АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПАРЕНТЕРАЛЬНЫМИ ВИРУСНЫМИ ГЕПАТИТАМИ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Зеленко А.В., Федорович С.В., Семушина Е.А., Щербинская Е.С., Симончик Е.П., Синякова О.К.  
Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Настоящая статья предназначена для врачей-профпатологов, врачей-терапевтов, врачей-инфекционистов, врачей-педиатров, врачей лабораторной диагностики, врачей-иммунологов и врачей других специальностей, а также для студентов медицинских университетов и слушателей медицинской академии последиplomного образования. В статье проанализированы и приведены результаты изучения заболеваемости внутрибольничными инфекциями (парентеральные вирусные гепатиты) у медицинских работников и меры профилактики, которые могут быть рекомендованы для внедрения в практику здравоохранения.

**Ключевые слова:** профилактика, парентеральные вирусные гепатиты.

**Введение.** Парентеральные вирусные гепатиты (ПВГ) — инфекции, имеющие особое медико-социальное значение. Инфицированность вирусами гепатита В и С сотрудников госпиталей США в 5–10 раз выше, чем в общей популяции населения. В Российской Федерации среди профзаболеваний медицинских специалистов, контактирующих с кровью и другими биологическими жидкостями пациентов, преобладают хронический вирусный гепатит В и С, составляющий 39,5% всей профпатологии. В Украине по официальным данным частота выявления маркера вируса гепатита В у здоровых доноров составляет 1,4%, у медработников — 5,4%. По данным эпидемиологических исследований инфекционная заболеваемость медиков в Республике Беларусь (РБ) в среднем в 5–6 раз выше таковой у работников других специальностей и в 2,1 раза выше, чем среди общей популяции РБ [1]. Гемоконтактные инфекции находятся на втором месте среди регистрируемой инфекционной заболеваемости медработников. Наличие заболеваемости вирусными гепатитами с парентеральным путем передачи (В, С) у медицинских работников в РБ остро ставит проблему профилактики этих инфекций. Служба здравоохранения и экономика РБ несут от внутрибольничных инфекций (ВБИ) крупные потери. Медицинские работники, выполняющие манипуляции, связанные с повреждением кожи и слизистых и имеющие контакт с биологическими жидкостями, подвержены риску инфицирования данными инфекциями.

По последним данным Республика Беларусь относится к регионам мира с умеренным уровнем распространения парентеральных вирусных гепатитов [2–4].

**Цель работы** — подтверждение эффективности мероприятий и необходимости их дальнейшего совершенствования по борьбе с парентеральными гепатитами и их профилактике.

**Материалы и методы.** Скрининг-анкетирование 485 медицинских работников больничных организаций г. Минска, анализ 111 историй болезней медицинских работников, находившихся на стационарном лечении в инфекционной больнице г. Минска. Для анализа полученных результатов использовался статистический метод обработки.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что в Республике Беларусь в 2013 г. было выявлено 167 случаев острых гепатитов В и С (1,76 случая на 100 тыс. населения), 3688 случаев впервые выявленных случаев хронических парентеральных гепатитов (35,56 случая на 100 тыс. населения) и около 3 тыс. носителей парентеральных гепатитов (32,04 случая на 100 тыс. населения), инфицированных вирусами гепатитов В и С. В 2014 г. было выявлено 186,54 случая острых парентеральных гепатитов (1,97 случая на 100 тыс. населения), 3388 случаев хронических гепатитов В и С (35,78 случая на 100 тыс. населения), 2803 носителя парентеральных гепатитов (20,00 случая на 100 тыс. населения).

При изучении профессиональной заболеваемости в среднем ежегодно регистрировались 242 медицинских работника, инфицированных ПВГ [1].

Выявлено, что в общей структуре заболеваемости гепатитами среди медицинских работников частота ВГВ составила 63,6% (48,65% — острые формы). Частота ВГС — 30,63%, среди заболевших преобладали женщины (83,8%). В целом результаты распределились следующим образом: младший медперсонал — 8 человек, средний медперсонал — 71 человек, врачи — 32 человека (рисунок 1).

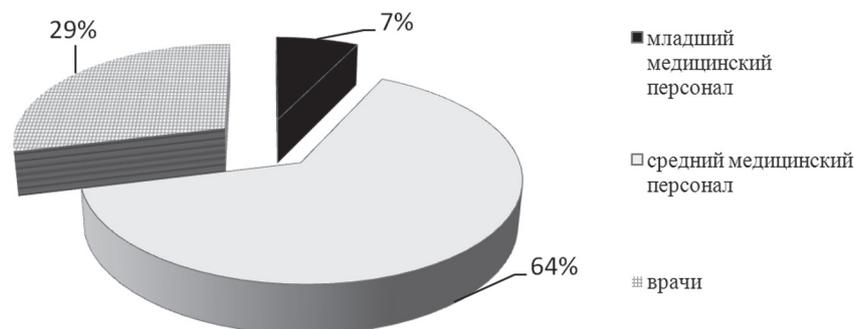


Рисунок 1. — Заболеваемость ПВГ среди разных категорий медицинских работников

Наиболее высокая заболеваемость парентеральными вирусными гепатитами отмечена у медицинских работников хирургических специальностей (35% случаев), у педиатрических она составила 17,5%, специалистов отделений, имеющих постоянный контакт с кровью (отделения гемодиализа, гематологические, станции переливания крови, лаборатории и т. п.), — 17,5%, терапевтических — 16,25% и стоматологических — 13,75%. Результаты распределения заболеваемости представлены в таблице.

Таблица — Структура заболеваемости ПВГ по отделениям в больничных организациях

Формы ПВГ	Хирургия, %	Терапия, %	Педиатрия, %	Стоматология, %	Специализированные подразделения, %
Острый вирусный гепатит В	60,71	30,77	64,29	27,27	50,0
Хронический вирусный гепатит В	21,41	15,78	7,14	9,09	7,14
Хронический вирусный гепатит С	17,86	17,86	28,57	45,45	28,57

Выделены наиболее значимые причины возникновения маркеров вируса ПВГ у медицинских работников: операционный контакт с пациентами, несоблюдение правил индивидуальной защиты, проколы кожных покровов, контакты со слизистыми оболочками (рисунок 2).

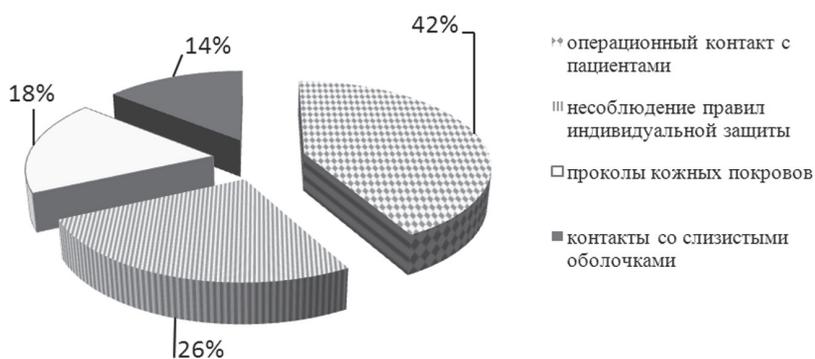


Рисунок 2. — Структура причин заболеваемости ПВГ у медицинских работников в Республике Беларусь

Было установлено, что риск инфицирования медработников связан, прежде всего, с работой с кровью и ее продуктами, биологическими жидкостями пациентов: 85% медработников, у которых выявлены маркеры парентеральных гепатитов, в последние 6 мес. контактировали с кровью и ее продуктами. В 99% случаев диагноз подтвержден иммунологическими исследованиями (маркеры ПЦР). Из действий, сопряженных с высоким риском заражения, можно отметить травмы острыми предметами и инструментами, предстерилизационная обработка инструментов, удаление зубов, флеботомия (рисунок 3).

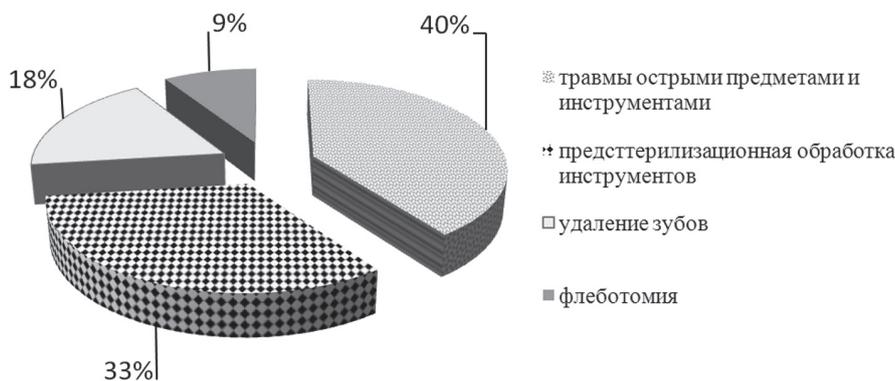


Рисунок 3. — Структура манипуляций, сопряженных с риском инфицирования медицинских работников в Республике Беларусь

Профессиональный риск заражения существенно (в 4,5 раза) повышается при увеличении стажа работы: стаж работы менее 10 лет — 2,1%, стаж работы более 10 лет — 9,7%.

Для предупреждения профессионального риска заражения инфекциями с парентеральным механизмом передачи, в частности ВПГ, необходимы мероприятия, имеющие высокий уровень доказательности и предполагающие следующее:

- медицинский персонал должен быть осведомлен об инфекциях с парентеральным путем передачи и придерживаться регламентированных рекомендаций по организации безопасной работы и применению адекватных мер защиты;
- широкое применение одноразовых инструментов, игл, шовного материала и т. п.;
- эффективная дезинфекция и стерилизация;
- активная вакцинация лиц, относящихся к группам повышенного риска;
- эпиданализ случаев профессиональной передачи инфекций и проведение необходимых противоэпидемических мероприятий в каждом случае;
- создание надежной системы регистрации аварийных ситуаций.

**Заключение.** Благодаря противоэпидемическим мероприятиям в Республике Беларусь наблюдается устойчивое снижение заболеваемости парентеральными гепатитами, в т. ч. и среди медицинских работников. Основными причинами инфицирования вирусами парентеральных гепатитов являются производственные травмы медперсонала и нарушение технологии обработки инструментов.

Заболеемость острыми парентеральными гепатитами среди врачей распределилась следующим образом: врачи-педиатры (64,29%), врачи-хирурги (60,71%), специализированные подразделения (50%), врачи-терапевты (30,77%), врачи-стоматологи (27,27%).

Среди основных групп риска хронической заболеваемости вирусными парентеральными гепатитами выделены следующие специальности: врачи-стоматологи (54,54%), врачи-хирурги (39,27%), врачи-педиатры и специализированные подразделения (35,71 и 35,71 соответственно), врачи-терапевты (33,64%).

#### Литература

1. Волоченко, А.Н. Заболеваемость медицинских работников парентеральными вирусными гепатитами в Республике Беларусь в 2010–2014 гг. / А.Н. Волоченко, В.В. Запольская, Е.Б. Варивода // Современные проблемы инфекционной патологии человека: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр эпидемиологии и микробиологии; гл. ред. Л.П. Титова. — Минск: ГУ РНМБ, 2015. — Вып. 8. — С. 50–55.

2. Мицура, В.М. Гепатит С: Механизмы патогенеза, методы диагностики, лечения и профилактики неблагоприятных исходов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.09 / В.М. Мицура. — Минск., 2015. — 44 с.

3. Вирусные гепатиты у медицинских работников / С.В. Федорович [и др.] // Аллергология. Профпатология. Гигиена. Дерматология: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены, ИООО «Право и экономика»; сост. В.А. Жарин [и др.]. — Минск, 2014. — С. 31–38.

4. Федорович, С.В. Вирусные гепатиты у медицинских работников / С.В. Федорович, А.Г. Маркова // Актуальные вопросы гепатологии. Экспериментальная гепатология. Терапевтическая гепатология. Хирургическая гепатология: 10-й междунар. симп. гепатологов Беларуси, Гродно, 26–27 сент. 2013 г. — Гродно, 2013. — С. 139–142.

### MORBIDITY ANALYSIS OF PARENTERAL VIRAL HEPATITIS OF MEDICAL WORKERS IN BELARUS

*Zelenko A.V., Fedorovich S.V., Semushkina E.A., Shcherbinskaya L.S., Simonchik E.P., Sinyakova O.K.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

This article is intended for general practitioners, including pathologists, therapists, infectious disease doctors, pediatricians, diagnosticians, immunologists and doctors of other specialties, as well as for students of medical universities and students of the Medical Academy of Postgraduate Education. The research results of the morbidity of nosocomial infections (PVH) of medical workers have been analyzed and demonstrated in the article, as well as preventive measures, which can be recommended for introduction into public health practice.

**Keywords:** prevention, parenteral viral hepatitis.

Поступила 19.07.2016

### ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ФАКТОРА, ФОРМИРУЮЩЕГОСЯ В КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ БЕЛАРУСИ ЗА СЧЕТ РАДИОКАЛИЯ

*Косяченко Г.Е.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Условия труда шахтеров калийных рудников ОАО «Беларуськалий» характеризуются влиянием на организм целого комплекса неблагоприятных производственных факторов, в т. ч. радиационного фактора. Ведущим компонентом, формирующим радиационную обстановку в рудниках, является внешнее гамма-излучение преимущественно от содержащегося в минерале сильвините естественного радиоактивного изотопа К-40. Целью работы являлось выяснение степени опасности радиационного фактора, формирующегося в калийных рудниках за счет природных источников. Проведены гигиенические исследования уровней запыленности воздушной среды в рудниках, установлено время воздействия пылевого фактора у разных категорий работников, выполнены спектрометрические исследования образцов горных пород и пыли минерала в рудниках ОАО «Беларуськалий», рассчитаны величины поглощенной дозы излучения от радиокалия.

**Ключевые слова:** калийные рудники, гигиена труда, радиационный фактор.

**Введение.** В подземных выработках объединения «Беларуськалий» при механизированной выемке минерала сильвинита обстановка по пылевому фактору остается неудовлетворительной, что, несмотря на применение средств индивидуальной защиты органов дыхания типа «Лепесток», обуславливает высокие дозы ингалируемой пыли минерала, попадающей в организм практически всех категорий горнорабочих. Наиболее высокие значения пылевых нагрузок на легкие отмечаются у горнорабочих, занятых в очистных забоях рудников [1].

Помимо высокого загрязнения воздушной среды пылью, труд шахтеров калийных рудников может быть сопряжен и с воздействием радиационного фактора. Одним из агентов, формирующих радиационную обстановку в рудниках, является изотоп Калий-40 (К-40). Из трех изотопов калия, встречающихся в природе, К-40 является радиоактивным (период полураспада  $1,3 \times 10^9$  лет) и занимает второе место как источник излучений, обуславливающих природный радиационный фон [2]. К-40 входит в состав многих пород минералов и почв, обуславливая внешнее гамма- и бета-облучение окружающей среды. По данным литературы, содержание в минерале сильвините радиоактивного изотопа калия составляет около 0,02% от общей массы калия, в смешанных удобрениях (фосфорно-калийные, азотно-фосфорно-калийные) активность может составлять от 1200 до 5900 Бк/кг<sup>-1</sup> [3]. В условиях производства поступление К-40 в организм происходит преимущественно ингаляционным путем [4].

**Цель работы** — выяснение степени опасности радиационного фактора, формирующегося в калийных рудниках за счет К-40, содержащегося в добываемом минерале сильвините, для определения достаточности принимаемых мер защиты работающих в калийных рудниках Беларуси.

**Материалы и методы.** Гигиенические исследования воздушной среды проводились в механизированных забоях ОАО «Беларуськалий» с разной технологией машинной выемки калийных руд и использованием отечественных комбайно-

вых комплексов серийного производства (ПК-8, ПК-8М, «Урал 10КС» и др.), ряда горных машин зарубежного производства (EDW-200/300, EDW-600, EDW-700, «Фазос» и др.). Пробы воздуха на запыленность отбирались принятыми в гигиене труда методами при выполнении основных технологических операций по добыче и транспортировке минерала, в периоды ремонтных работ, технологических и вынужденных перерывов. С учетом времени выполнения трудовых операций, пребывания рабочих в разных зонах и при разных режимах техпроцесса рассчитывались среднесменные концентрации соляной пыли в воздухе рабочей зоны [5].

Спектрометрическое исследование образцов пыли минерала (сильвинит) и вмещающих пород (галит) проводилось в геометрии сосуда Маринелли объемом 1 л на стационарном гамма-спектрометре «ADCAM-300» фирмы «ORTEC» (США). Измерения активности каждой пробы на спектрометре проводилось в режиме «реального времени» в течение 7200 с в соответствии с паспортом к прибору.

Функциональное состояние системы дыхания определялось по частоте дыхательных движений (визуальный подсчет), измерения минутного объема дыхания (МОД) разработанным нами прибором, в основе которого использован объемный метод дыхания (волюметр) типа 45067 (Германии), предназначенного для измерений пульсирующего газового потока.

**Результаты и их обсуждение.** Добываемая механизированным способом в калийных рудниках Беларуси рудосильвинит относится к минералам класса галогенидов, представляет осадочные горные породы, состоящие из прослоев галита (основной компонент — NaCl) и сильвина (основной компонент — KCl), используемый в качестве основного сырья для производства калийных минеральных удобрений. По содержанию свободного диоксида кремния (до 2%) образующаяся в калийных рудниках Беларуси пыль не является силикозоопасной и не приводит к развитию специфической пылевой патологии у горнорабочих.

Как показал анализ натуральных гигиенических исследований, количественная характеристика пылевого фактора в рудниках определяется особенностями ведения технологических операций добычи минерала, проектным решением и техническим исполнением систем обеспыливания воздуха у источников пылеобразования, в значительной мере зависит от эффективности работы систем проветривания добычных участков рудников. Образующаяся в процессе технологических операций в рудниках соляная пыль является типичным представителем аэрозолей дезинтеграции, образующихся в процессе механического разрушения горного массива, с физико-химическими свойствами, близкими к свойствам слагающих горных пород.

Установлено, что запыленность воздуха в главных и панельных транспортных выработках, в околоствольном дворе (таблица 1) зависит от интенсивности движения транспорта с двигателями внутреннего сгорания, работы конвейерного и подъемного транспорта, числа пунктов перегрузки руды, частоты орошения дорог в зимний период года и колеблется в пределах от  $6,3 \pm 1,24 - 30,8 \pm 4,12$  мг/м<sup>3</sup> (в теплый период года) до  $7,0 \pm 1,21 - 60,0 \pm 7,40$  мг/м<sup>3</sup> (в холодный период года).

Таблица 1. — Запыленность воздуха околоствольного двора, в главных и панельных выработках 1 рудоуправления ОАО «Беларуськалий» в разные периоды года

Место отбора проб воздуха	Среднее содержание соляного аэрозоля по периодам года, мг/м <sup>3</sup>			
	теплый		холодный	
	количество проб	M±m	количество проб	M±m
Надшахтное здание ствола, камера ожидания клетки	18	2,4±0,32	14	3,8±1,14
Выработки околоствольного двора	24	6,3±1,24	28	7,0±1,21
Главные транспортные штреки	30	18,6±2,31	34	49,7±3,21
Панельные транспортные штреки	19	30,8±4,12	57	60,0±7,40
Воздух, поступающий на добычные участки	12	18,1±3,41	16	24,6±3,78

По мере продвижения воздуха от ствола по транспортно-вентиляционным выработкам к добычным участкам загрязнения пылью вначале нарастают, а затем снижаются, что объясняется удаленностью обрабатываемых участков и естественным осаждением пыли из воздуха. В зоне, прилегающей к очистным участкам, загрязнение воздуха составляет 18–25 мг/м<sup>3</sup>. В целом для рудников бассейна характерно некоторое снижение уровней запыленности в выработках околоствольного двора, а также вентиляционных штреках в теплый период при увеличении относительной влажности. В перечисленных зонах работает в основном вспомогательный персонал (служба подъема, бункеровщики, слесари мастерских и пр.).

На рабочих местах в очистных забоях при работе горного оборудования пылевая обстановка продолжает оставаться неудовлетворительной. Практически во всех случаях замеров максимально разовые концентрации пыли в воздушной среде при работе комбайнов значительно превышали предельно допустимый уровень (ПДК для пыли минерала сильвинита — 5 мг/м<sup>3</sup>). Так, в 1,1% случаев измерений концентрации пыли сильвинита в воздухе рабочей зоны не превышали 100 мг/м<sup>3</sup>, в 38,3% случаев замеров уровни загрязнения составляли от 100 до 200 мг/м<sup>3</sup>. Наибольший удельный вес (58,2% измерений) приходится на уровни запыленности, составляющие от 200 до 300 мг/м<sup>3</sup>, в 2,4% замеров загрязнение воздушной среды на рабочих местах превышало 300 мг/м<sup>3</sup> воздуха.

На количество ингалируемой пыли существенное влияние оказывает использование средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Хронометражные наблюдения за основными профессиями горнорабочих (таблица 2) свидетельствуют, что респираторы используются лишь при выемке руды и некоторых проводимых параллельно вспомогательных операциях.

Таблица 2. — Длительность использования респираторов горнорабочими в течение смены при выполнении отдельных производственных операций

Производственные операции	Затраты рабочего времени, %	В т. ч. длительность работы в респираторе, %	Фактическое время работы без респираторов, мин
Подготовительно-заключительные	1,2–2,4	–	5,2–10,4
Выемка руды и выполнение вспомогательных работ	58,2–62,9	46,6–47,2	50,1–67,0
Ремонт оборудования	6,9–9,6	–	29,8–41,5
Отдых, простои по технологическим и аварийным причинам	29,0–29,8	–	125,3–128,7
Итого		46,6–47,2	3,8 ч

Приведенные данные свидетельствуют, что фактическая длительность труда горнорабочих забойной группы с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания составляет менее половины рабочей смены. Горнорабочие подземных ремонтных служб применяют респираторы лишь в случаях работы на участках с интенсивным загрязнением воздуха. В связи с этим расчетная пылевая нагрузка у горнорабочих за год в зависимости от профессии составила 49,1 г у горнорабочих вспомогательной службы, 120,0 г — у водителей электрических самоходных вагонов, 112,2–160,2 г — у машинистов и помощников машинистов комбайнов валовой и селективной выемки минерала.

Спектрометрические исследования образцов горных пород и пыли минерала, отобранных на разных рудниках объединения, показали, что из естественных радионуклидов в них содержатся преимущественно К-40, следы радия-226 и тория-232, обнаруживаемых в единицах беккерелей на кг массы. Содержание К-40 в сильвините составляет в среднем  $6,6 \times 10^3$ – $10,4 \times 10^3$  Бк/кг. В пыли других минералов активность К-40 составляет от  $2,2 \times 10^3$  до  $8,9 \times 10^3$  Бк/кг.

Оценивалась активность К-40 в организме разных групп горнорабочих, имеющих контакт с пылью минерала сильвинита (таблица 3). Следует отметить, что административный и управленческий персонал предприятия практически не связан с воздействием факторов производственной среды в калийных рудниках и на обогатительных фабриках.

Таблица 3. — Содержание в организме К-40 у разных групп работников ОАО «Беларуськалий»

Группа работников	Пол	Среднее содержание К-40, кБк			
		n	1-е наблюд.*	n	2-е наблюд.**
Горнорабочие	м	22	5,93±0,38	13	5,47±0,30
Работники обогатительных фабрик	м	6	5,47±0,30	5	5,18±0,29
	ж	18	5,20±0,29	15	5,92±0,29
Административный и управленческий персонал	м	17	5,90±0,36	14	5,47±0,30
	ж	14	5,47±0,30	11	5,18±0,29

Примечания:  
 1 — \* — первое наблюдение-фоновые измерения.  
 2 — \*\* — второе наблюдение — повторно через 2 мес.

Анализ материалов прямых индивидуальных обследований работников ОАО «Беларуськалий» на установке СИЧ и их группировка свидетельствует о том, что среднее содержание К-40 в организме отдельных групп работников не имело существенных различий и колебалось в разные периоды измерений от 5,2 до 5,9 кБк. Не выявлена также разница в уровнях содержания радионуклидов и в зависимости от пола разных категорий работающих.

**Заключение.** Таким образом, из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. В числе постоянных факторов производственной среды, присутствующих на рабочих местах в калийных рудниках, является радиационный. Образующаяся в процессе различных технологических операций механизированной выемки минерала рудничная пыль, содержащая естественный радионуклид К-40, составляет основную производственную радиационную нагрузку на работающих, которая определяется мощностью эквивалентной дозы, составляющей от 0,3 до 0,9 мЗв/год.

2. Дозиметрическими исследованиями на разных участках калийных рудников установлена вариабельность мощности экспозиционной дозы, которая определяется вещественным составом слагающих горный массив пород минералов и условий вентилирования подземных выработок. Удельная радиоактивность рудничной пыли определяется преимущественным составом разрабатываемых горных пород и способом выемки минерала.

3. Забойная группа горнорабочих (машинисты и помощники машинистов горных комплексов, водители самоходных вагонов) в наибольшей степени испытывает влияние радиационного фактора, преимущественно за счет К-40, содержащегося в рудничной пыли. При использовании в рудниках средств индивидуальной защиты органов дыхания ингаляционные пылевые нагрузки у ведущих профессиональных групп шахтеров составляют 412–610 мг за смену, что соответствует величинам поглощенной дозы излучения от К-40 в пределах 3,17–4,72 Бк за смену, содержание К-40 в организме шахтеров близко к содержанию его в организме у населения республики.

4. Полученные данные свидетельствуют, что радиационное воздействие, формируемое К-40 в калийных рудниках Беларуси, не может рассматриваться как существенное. Вместе с тем с целью уменьшения риска негативного влияния радиационного фактора в рудниках необходимо внедрение комплекса организационных, санитарно-технических и гигиенических мер, направленных на улучшение условий труда работающих по пылевому фактору.

## Литература

1. Косяченко, Г.Е. Оценка вентиляционной функции системы дыхания и уровни пылевой нагрузки на легкие у разных профессиональных групп горнорабочих калийных рудников / Г.Е. Косяченко // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 2, вып. 25. — С. 26–29.
2. Бударков, В.А. Радиобиологический справочник / В.А. Бударков, В.А. Киршин, А.Е. Антоненко. — Минск: Ураджай, 1992. — 336 с.
3. Кузин, А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли / А.М. Кузин. — М.: Недра, 1991. — 350 с.
4. Новые технологии и радиационно-гигиеническая характеристика условий труда рабочих ПО «Беларуськалий»: Проблемы экологии промышленных регионов на современном этапе / Г.Е. Косяченко [и др.]. — Солигорск, 1995. — С. 43–46.
5. Методика и примеры расчета пылевой нагрузки, определение класса условий труда и допустимого стажа работы в контакте с АПДФ // Гигиеническая классификация условий труда: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь 28.12.2012 № 211. — Минск, 2016. — Прил. 5. — С. 58.

## HYGIENIC VALUE OF THE RADIATION FACTOR, FORMED IN THE POTASH MINES BELARUS DUE RADIOKALIYA

*Kosyachenko G.E.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

Potash mines miners working conditions of JSC “Belaruskali” are characterized by influence on the organism of a complex of unfavorable production factors, including the radiation factor. The main component that forms the radiation situation in mines is the external gamma radiation contained in sylvinite mineral of natural radioactive isotope K-40. The purpose of the paper was to clarify the risk level of the radiation factor, which is formed in potash mines owing to natural sources. The hygienic research of air dustiness levels in mines has been conducted, the exposure time of the dusty factor in different categories of workers has been established, the spectrometric studies of rock samples and mineral dust in mines of JSC “Belaruskali” have been performed, and the values of the absorbed irradiation dose from radioactive potassium have been calculated.

**Keywords:** potash mines, occupational health, radiation factor.

Поступила 19.07.2016

## ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ

*Косяченко Г.Е.<sup>1</sup>, Тишкевич Г.И.<sup>1</sup>, Иванович Е.А.<sup>1</sup>, Николаева Е.А.<sup>1</sup>, Гиндюк А.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** На основе анализа материалов комплексной гигиенической оценки условий труда, данных лабораторного контроля факторов производственной среды, аттестации рабочих мест, изучения состояния здоровья работников предприятий машиностроения определены факторы производственной среды, значимые для формирования уровней профессионального риска. Показано, что физические факторы, загрязнение воздушной среды химическими веществами, кремнийсодержащими аэрозолями на рабочих местах определяют уровень и структуру заболеваемости работников. На основе Гигиенической классификации условий труда сопоставлены материалы по классам вредности условий труда с результатами оценки здоровья работников, материалами выполнения гигиенических требований чек-листа, предложена схема управления профессиональным риском.

**Ключевые слова:** условия труда, состояние здоровья работников, критерии, методы оценки и управления профессиональным риском.

**Введение.** Складывающаяся обстановка с условиями труда и здоровьем работников в республике свидетельствует о необходимости системного подхода к решению проблем по осуществлению профилактических мер, предупреждению производственно обусловленной и профессиональной заболеваемости. Это связано с тем, что по данным лабораторных и инструментальных исследований в народном хозяйстве свыше 37% рабочих мест не отвечают гигиеническим нормативам по шуму, 24,6% — по вибрации, на 14% рабочих мест содержание пыли превышает гигиенические нормативы, на 7,5% — не выдерживаются предельно допустимые уровни химического загрязнения воздушной среды.

Основным нормативным документом, позволяющим дать взвешенную оценку опасности факторов производственной среды, является Гигиеническая классификация условий труда [1], в основе которой заложена дифференцированная система оценки степени превышения факторов различной природы (химических, физических, биологических, психофизиологических) от установленных гигиенических нормативов. Существенным недостатком названной классификации является то, что в ней при оценке факторной нагрузки производственной среды не учитывается ответная реакция организма работника, реализуемая через показатели здоровья (заболеваемость с временной утратой трудоспособности, производственно обусловленная и профессиональная заболеваемость). Более того, в действовавших до недавнего времени Санитарных правилах и нормах «Гигиеническая классификация условий труда» (СанПиН 11-6-2002) приводилось определение понятия профессионального риска — как «величины вероятности нарушения (повреждения) здоровья с учетом тяжести последствий в результате неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса». В современном гигиеническом документе определение профессионального риска отсутствует.

Тем не менее в течение двух последних десятилетий предпринимаются различные подходы объективизировать опасность производственной среды для работника, и методической основой таких подходов становится оценка профессионального риска, т. е. оценка риска нанесения ущерба здоровью работника условиями профессиональной деятельности. Как правило, подходы к оценке профессионального риска различны в зависимости от целей его определения, сложны для воспроизведения, громоздки и затратны [2–4]. Более того, до настоящего времени нет общепризнанных и универсальных методик по оценке профессионального риска и управлению им. Следовательно, упрощение применяемых критериев и процедуры оценки рисков при сохранении ее эффективности в обеспечении безопасности и здоровья работников является одной из важнейших задач работников профилактического здравоохранения, руководителей организаций республики.

**Цель работы** — предложить критерии оценки профессионального риска по материалам оценки ведущих факторов производственной среды, состояния здоровья работников и создать доступный организационный механизм управления профессиональным риском при использовании учреждениями госсаннадзора новых форм ведения надзорной деятельности на основе контрольных списков вопросов (чек-листов).

**Материалы и методы.** При исследованиях использован принцип эпидемиологического гигиенического анализа в гигиене труда, позволяющего на основе совокупности методических приемов анализа сведений об условиях труда, заболеваемости работающих, распределении ее в профессиональных группах выявить ее формирующие (факторы риска) причины и установить механизм их влияния на показатели здоровья работников [5]. Проведены комплексные аналитические исследования, характеризующие гигиенические особенности трудовой деятельности работников крупных предприятий машиностроения г. Минска (ОАО «МТЗ», ОАО «МАЗ»), определены ведущие факторы производственной среды, формирующие классы условий труда. Установлены классы условий труда, которые определяются особенностями организации технологических процессов, аппаратурным оснащением, степенью изношенности технологического оборудования.

**Результаты и их обсуждение.** Показано, что повышенные уровни содержания вредных химических веществ, производственные шум, вибрация, тяжесть труда обуславливают классы условий труда по разным подразделениям предприятия от допустимых (14,8% работников) до вредных разных степеней (классы 3.1–3.4), что составляет 85,2% работников на ОАО «МАЗ», от 13,4% — допустимых до 86,6% вредных условий труда на ОАО «МТЗ».

По данным инструментальных измерений факторов производственной среды, для обобщенной оценки условий труда по ОАО «МАЗ» с профессиями (таблица 1), оцененными разными классами условий труда проведен расчет средневзвешенного показателя с учетом численности работников, суммарного коэффициента условий труда ( $K_{\text{сум}}$ ).

Таблица 1. — Расчет средневзвешенного (суммарного) коэффициента условий труда работников ОАО «МАЗ»

Класс условий труда, установленный на основе комплексной гигиенической оценки по рабочим местам	1 и 2	3.1	3.2	3.3	3.4	4	Итого
Коэффициент пересчета, балл, $K_6$	1	2	4	6	8	10	–
Численность работников, N	1449	3123	2257	2958	–	–	9787
Суммарный балл, $K_6 \times N$	1448	6246	9028	17748	–	–	34470

Как следует из представленных в таблице материалов, суммарный коэффициент условий труда на основе комплексной гигиенической оценки, проведенной по предприятию, составляет —  $K_{\text{сум}} = 34470 / 9787 = 3,52$ .

Результаты материалов плановой проверки санитарно-гигиенического состояния цехов ОАО «МАЗ» органами госсаннадзора с использованием контрольного списка вопросов (чек-лист) представлены в таблице 2.

Таблица 2. — Сводные материалы проверки выполнения требований контрольного списка вопросов по заводам ОАО «МАЗ»

Наименование предприятия, завода, цеха	Ответы на вопросы чек-листа о соблюдении санитарно-гигиенических требований предприятиями, %		
	«да»	«нет»	«не требуется»
Автосборочный завод	77,6	3,4	19,0
Прессово-кузовной завод	85,4	9,7	4,9
Механосборочный завод	87,7	8,2	4,1
Литейный завод	87,1	4,8	8,1

Из представленных данных по трем заводам ОАО «МАЗ» следует, что требования чек-листа данным субъектом хозяйствования выполняются практически в полной мере. Невыполненные требования по подразделениям предприятия не определяют степень профессионального риска повреждения здоровья работников.

Работающие в литейном, кузнечнопрессовом, сварочном, окрасочном производствах ОАО «МТЗ» подвергаются одновременному воздействию 2–3 факторов производственной среды с превышением предельно допустимых концентраций вредных веществ и предельно допустимых уровней физических факторов. Суммарный коэффициент условий труда на основе комплексной гигиенической оценки, проведенной по предприятию, составляет —  $K_{\text{сум}} = 21235 / 6590 = 3,22$  (таблица 3).

Таблица 3. — Расчет средневзвешенного (суммарного) коэффициента условий труда работников ОАО «МТЗ»

Класс условий труда, установленный на основе комплексной гигиенической оценки по рабочим местам	1 и 2	3.1	3.2	3.3	3.4	4	Итого
Коэффициент пересчета, балл, $K_6$	1	2	4	6	8	10	–
Численность работников, N	883	1957	3104	573	73	0	6590
Суммарный балл, $K_6 \times N$	883	3914	12416	3438	584	0	21235

По материалам плановой проверки санитарно-гигиенического состояния цехов ОАО «МТЗ» органами госсаннадзора (таблица 4) установлено, что в трех цехах ОАО «МТЗ» от 83,7 до 90,5% требования чек-листа проверки выполнения санитарно-гигиенических требований субъектом хозяйствования выполняются.

Таблица 4. — Сводные материалы проверки выполнения требований контрольного списка вопросов в цехах ОАО «МТЗ»

Наименование цехов	Ответы на вопросы чек-листа о соблюдении санитарно-гигиенических требований, %		
	«да»	«нет»	«не требуется»
Кузнечный цех	83,7	5,4	10,9
Механический цех № 4	89,8	4,1	6,1
Литейный цех № 2	90,5	6,8	2,7

Анализ сути положений, не выполненных по представленным подразделениям ОАО «МТЗ» требованиям контрольного списка вопросов (чек-листа), свидетельствует, что они не определяют степень профессионального риска повреждения здоровья работников (уровень общего санитарного состояния помещений и рабочих мест, эстетические упущения и др.).

Важнейшим индикатором гигиенического благополучия на предприятии является уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности, а также профессиональной заболеваемости работников. Так, за трехлетний период наблюдения уровень общей заболеваемости работников ОАО «МТЗ» с временной утратой трудоспособности по качественной шкале Е.Л. Ноткина оценивался как «высокий» (120–149 случаев и 1200–1499 дней нетрудоспособности на 100 работников). Уровень общей заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников ОАО «МАЗ» за трехлетний период по качественной шкале Е.Л. Ноткина оценивался как «средний» и «высокий» (83,2–131,0 случая и 785,8–1118,5 дня нетрудоспособности на 100 работников). В целом заболеваемость с временной утратой трудоспособности на ОАО «МТЗ» и ОАО «МАЗ» за анализируемый период была выше среднереспубликанских показателей и средних значений заболеваемости с временной утратой трудоспособности по промышленности г. Минска.

Анализ материалов по профессиональной заболеваемости крупнейших предприятий машиностроения г. Минска свидетельствует, что с 2003 по 2012 гг. на ОАО «МТЗ» был зарегистрирован 281 случай профессиональных заболеваний. Показатель заболеваемости на 10 тыс. работающих за исследуемый период колебался от 19,4 (2003 г.) до 10,8 (2011 г.). На ОАО «МАЗ» за 1993–2011 гг. зарегистрировано 1075 случаев профессиональных заболеваний. Следует отметить, что показатель профессиональной заболеваемости по Республике Беларусь за последние годы составлял 0,23 (2012 г.) – 0,25 (2013 г.) на 10 тыс. работающих и регистрируемая профпатология по ОАО «МТЗ» значительно превышала республиканские уровни. Динамика регистрируемых профессиональных заболеваний демонстрирует положительную тенденцию в снижении профзаболеваний как на ОАО «МТЗ», так и на ОАО «МАЗ», что характерно для данного вида патологии в целом по республике.

В возрастном разрезе по двум предприятиям наиболее многочисленной группой, в которой регистрировалось максимальное количество профессиональных заболеваний среди работников, являлась возрастная группа от 51 до 60 лет. Практически не регистрировались профзаболевания у работников в возрасте до 30 лет.

Выполнен анализ использования Контрольного списка вопросов (чек-лист) при осуществлении госнадзора за условиями труда работников, утвержденного постановлением заместителя Министра – Главного государственного врача Республики Беларусь от 15.10.2013 № 41. В результате анализа данных, полученных на основе запроса, установлено, что количество сформулированных требований в Контрольном списке (чек-листе) профильные специалисты по гигиене труда областных ЦГЭиОЗ республики считают достаточным. Основным предложением специалистов ЦГЭиОЗ республики по совершенствованию структуры чек-листов, процедуры проверки явилось введение юридической ответственности за предоставление недостоверных сведений и ненадлежащее оформление чек-листа нанимателем.

На основе обобщения полученных материалов предложен метод оценки профессионального риска с обязательным использованием чек-листа, позволяющий на основе применения элементов Гигиенической классификации условий труда, отдельных и доступных статистических показателей здоровья работников, материалов оценки санитарно-гигиенического состояния субъекта хозяйствования по чек-листу и при использовании установленных этапов исследования оценивать и/или сравнивать уровень профессионального риска по предприятию в целом, его крупным подразделениям (цехам, участкам), на которые заполняются контрольные списки вопросов (чек-листы).

Расчет профессионального риска по предлагаемому методу может быть произведен при наличии трех информационных баз, включающих: наличие материалов комплексной гигиенической оценки условий труда либо данных аттестации рабочих мест по условиям труда с определением классов условий труда; наличие объективных данных проверки субъекта хозяйствования по контрольному списку вопросов; данных о профессиональном здоровье работников.

В качестве гигиенических критериев оценки степени вредности факторов производственной среды следует использовать результаты комплексной гигиенической оценки условий труда, материалы аттестации рабочих мест по условиям труда.

В зависимости от величины отклонения измеренных или оцененных уровней различных комбинаций факторов производственной среды от нормативов на основе критериев Гигиенической классификации условий труда устанавливается класс вредности и опасности каждого производственного фактора, воздействующего на работника, а также общий класс условий труда на рабочем месте.

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности устанавливается по принятой в Гигиенической классификации условий труда методологии.

Для установления одночисловой характеристики уровня профессионального риска по конкретному производственному подразделению (организации) применяется следующая последовательность этапов:

1. Для характеристики условий труда отдельного производства (цеха) или всей организации используется обобщенный показатель — средневзвешенный суммарный коэффициент условий труда ( $K_{\text{сум}}$ , балл), определяемый с учетом общего класса условий труда для профессий (должностей), численности работников подразделения и балльного коэффициента в соответствии с методикой, приведенной в Инструкции по применению [6].

2. Для выявления причинной связи и взаимозависимости показателей состояния здоровья и условий труда могут использоваться методические приемы, изложенные в названной Инструкции по применению [6], однако наиболее доступным для практического использования и отвечающим целям оценки профессионального риска с использованием чек-листа яв-

ляется показатель относительного риска, определяемый как отношение показателя заболеваемости (ПЗ) в основной группе к аналогичному в контроле.

3. Для учета влияния неблагоприятных условий труда на уровень профессиональной заболеваемости в организации используется усредненный за период наблюдения (3–5 лет) показатель профессиональной заболеваемости (Сп/з) на 10 тыс. работающих.

4. При проверке представленных в опросной части чек-листа сведений о соблюдении субъектом гигиенических требований рассматриваются все ответы — «да», «нет», «не требуется». По ответам «не требуется» проводится проверка и анализ обоснованности ответов. При этом принимаются во внимание проектные и строительные решения размещения и содержания производственного объекта, технические регламенты производственных процессов, реальная обеспеченность работников санитарно-бытовыми помещениями, потребность и обеспеченность работников средствами индивидуальной защиты, необходимость и полнота ведения производственного контроля факторов производственной среды, других требований опросной части чек-листа для объективизации сведений, представленных в документе проверяемым субъектом.

5. По общему количеству отступлений от санитарно-гигиенических требований чек-листа проводится расчет удельного веса (в процентах) невыполненных требований к общему количеству всех вопросов, требующих ответа по чек-листу.

6. Вычисление показателя фактического (полного) уровня профессионального риска (УР) в проверяемой организации (подразделении) производится путем извлечения квадратного корня из произведения класса условий труда ( $K_{\text{сум}}$ , балл) на сумму оценок, характеризующих невыполнение требований чек-листа (Пн/чл), относительного риска (ОР) по заболеваемости с ВУТ, усредненного показателя (на 10 тыс. работающих) профессиональной заболеваемости (Сп/з). При этом следует использовать модифицированную риск-матрицу согласно приложению 6 Инструкции по применению [6].

Оценка профессионального риска по разработанному методу не предполагает учета опасных (экстремальных) условия труда (класса 4), т. к. работа в таких условиях недопустима, за исключением ликвидации аварий, проведения экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций, при этом работы проводятся в соответствующих СИЗ и при соблюдении регламентированных режимов.

Предложенный метод и разработанная формула расчета фактического (полного) уровня профессионального риска реализованы в Инструкции по применению № 019-1214 «Метод гигиенической оценки профессионального риска» (утвержденной заместителем Министра – Главным государственным санитарным врачом 20.03.2015).

По действующему законодательству в области санитарно-эпидемиологического надзора для обеспечения надлежащих условий труда в организации нанимателю необходимо проводить оценку рисков на рабочих местах с тем, чтобы он мог сам оценивать условия и безопасность труда, самостоятельно контролировать риски, связанные с профессиональной деятельностью, планировать мероприятия по улучшению условий в сфере охраны здоровья и безопасности работников. Вместе с этим до настоящего времени в практике деятельности органов госсаннадзора по разделу гигиены труда не имелось методического документа по оценке создаваемых на производственных предприятиях систем управления профессиональным риском с учетом его фактического уровня.

На основании данных исследований факторов условий труда и параметров трудового процесса при комплексной гигиенической оценке условий труда, аттестации рабочих мест по условиям труда, устанавливаются классы условий труда, проводится качественная оценка уровня профессионального риска и его последствий для изучаемой профессии. Полученная информация должна использоваться на практике для принятия решений по разработке мероприятий, направленных на улучшение условий труда, сохранение здоровья работающих, формирующих систему управления профессиональным риском в организации.

В разработанной Инструкции по применению № 036-1215 «Метод управления профессиональным риском в практике государственного санитарного надзора» (утвержденной заместителем Министра – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 21.03.2016) в сочетании с использованием методических приемов установления уровня профессионального риска, представленных в Инструкции по применению № 019-1214 «Метод гигиенической оценки профессионального риска» (утвержденной заместителем Министра – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 20.03.2015) и успешно апробированных на ряде крупнейших машиностроительных предприятий республики, создают законченный блок системы оценки и управления профессиональными рисками, который ранее не использовался в практике надзорной деятельности, характеризуется доступностью используемых материалов, воспроизводимостью итоговой оценки, возможностью применения на разных уровнях производственной структуры организации (участок, цех, предприятие).

Таким образом, представленные критерии и схема управления профессиональным риском отвечают поставленной задаче получения укрупненной, не детализированной оценки риска повреждения здоровья работающего, которые доступны для практического применения в надзорной деятельности врача-гигиениста по разделу гигиена труда, позволяют на основе данных о заболеваемости работников, инструментальных измерений факторов производственной среды проводить сравнительный анализ (по организациям, подразделениям организаций) профессионального риска, вести целенаправленную профилактическую работу в трудовых коллективах.

**Заключение.** Предложенный унифицированный подход в оценке всего комплекса параметров производственной среды, формирующих профессиональный риск, вопросов организации труда, выполнения планов оздоровительных и профилактических мер, гигиенических требований, управления профессиональным риском, сформулированных в утвержденных Инструкциях по применению, позволяет интегрировать всю доступную информацию по выполнению необходимых санитарно-гигиенических требований на предприятии по условиям труда и заболеваемости работников, с учетом приоритетов разрабатывать необходимые профилактические мероприятия, направленные на минимизацию, опережение или устранение развития негативных последствий условий труда, является доступным в использовании как самому нанимателю, так и представителям проверяющего органа.

#### Литература

1. Гигиеническая классификация условий труда: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохр. Респ. Беларусь от 28 дек. 2012 г. № 211 // Гигиена труда: сб. норм. док. — Минск, 2013. — Вып. 13. — С.4–56.
2. Широков, Ю.Г. К созданию критерия рисков профессиональных заболеваний // Ю.Г. Широков // Медицина труда и промышленная экология. — 1993. — № 3/4. — С. 31–34.

3. Измеров, Н.Ф. Вопросы профессиональной заболеваемости: ретроспектива и современность / Н.Ф. Измеров, И.В. Бухтияров, Л.В. Прокопенко // Профессия и здоровье: материалы XI Всерос. конгр., Москва, 27–29 нояб. 2012 г. — М.: НИИ МТ РАМН, 2012. — С. 29–40.
4. Профессиональный риск для здоровья работников / Под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. — М.: Тривант, 2003. — 448 с.
5. Измеров, Н.Ф. Социально-гигиенические и эпидемиологические исследования в гигиене труда / Н.Ф. Измеров, Е.Б. Гуревич, Н.В. Лебедева. — М.: Медицина, 1985. — 192 с.
6. Критерии оценки и показатели производственно обусловленной заболеваемости для комплексного анализа влияния условий труда на состояние здоровья работников, оценки профессионального риска: инструкция по применению: утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 24.11.2009 № 062-1109 / Разраб.: Респ. науч.-практ. центр гигиены; Р.Д. Клебанов [и др.]. — Минск, 2009. — 32 с.

## FORMATION OF CRITERIA AND METHODS OF OCCUPATIONAL HAZARD ASSESSMENT AND MANAGEMENT

*Kosyachenko G.E.<sup>1</sup>, Tishkevich G.I.<sup>1</sup>, Ivanovich E.A.<sup>1</sup>, Nikolaeva E.A.<sup>1</sup>, Hindziuk A.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus

The factors of industrial environment which are important for the formation of occupational exposure levels have been studied on the basis of the materials analysis of complex hygienic assessment of working conditions, laboratory control data of industrial environmental factors, workplace attestation. It was shown that the physical factors, air pollution by chemicals, silicon-containing aerosols in a workplace determine the level and structure of workers morbidity. On the basis of the Hygienic classification of working conditions the materials on working conditions hazard class have been compared with the assessment results of workers health and the performance materials of hygienic requirements of checklist, the management scheme of occupational hazard has been proposed.

**Keywords:** working conditions, health status of workers, criteria, methods of occupational hazard assessment and management.

Поступила 15.07.2016

## СОСТОЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ

*Косяченко Г.Е.<sup>1</sup>, Яковлев С.Е.<sup>1</sup>, Тишкевич Г.И.<sup>1</sup>, Иванович Е.А.<sup>1</sup>, Николаева Е.А.<sup>1</sup>, Ракевич А.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Несмотря на принимаемые меры, сельскохозяйственное производство входит в перечень отраслей с неблагоприятными условиями труда, представляющими высокий риск для здоровья работающих. В своей трудовой деятельности работники сельского хозяйства подвергаются сочетанному воздействию широкого спектра вредных факторов окружающей среды, способных формировать патогенетические механизмы профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, ведущих к утрате трудоспособности и инвалидности.

**Ключевые слова:** факторы производственной среды, условия труда работников агропромышленного производства, заболеваемость с временной утратой трудоспособности, профессиональная заболеваемость, профилактические меры.

**Введение.** Отличительной особенностью аграрной политики в Республике Беларусь является постоянное внимание государства к повышению эффективности производства, увеличению отдачи от капитальных вложений, совершенствованию взаимосвязей отраслей агропромышленного комплекса. Сельское хозяйство объединяет разнообразные производственные процессы. Развитие специализации, создание крупных высокотехнологизированных хозяйств, крупных животноводческих комплексов сближает сельское хозяйство с промышленным производством. Основными направлениями деятельности в сельскохозяйственной отрасли республики являются полеводство, животноводство, птицеводство, льнопереработка, ремонт и обслуживание сельскохозяйственной техники, заготовка зерна. Каждое из этих направлений характеризуется своим технологическим процессом и своим перечнем и выраженностью неблагоприятных факторов условий труда [1, 2].

Работы в период посевной кампании, заготовки кормов, при уборке зерновых культур в организациях агропромышленного комплекса являются самыми ответственными и напряженными в производственном календаре тружеников села. Их организация и проведение требуют от нанимателей принятия взвешенных управленческих решений, концентрации технических и людских ресурсов (как своих, так и привлеченных), направленных на получение максимального результата по производству сельскохозяйственной продукции.

На всех этапах проведения массовых полевых работ требуется обеспечивать безопасность их производства, надлежащие условия труда, быта, питания работающих путем соблюдения установленных для должностных лиц и работников требований охраны и гигиены труда, трудовой и производственной дисциплины.

**Цель работы** — анализ факторов производственной среды, уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности для выделения потенциально опасных факторов производства и профессии.

**Материалы и методы.** Проанализированы данные многолетних инструментальных наблюдений за объектами сельскохозяйственной отрасли республики (14 организаций, включающих животноводческие, мясомолочные организации, предприятия первичной льнопереработки). Использовались материалы органов государственного санитарного надзора, полученные в ходе плановых проверок либо данные мониторинга условий труда в сельскохозяйственных организациях, находящихся на контроле.

Гигиенические исследования включали сбор, обобщение и анализ результатов замеров параметров факторов производственной среды сельхозорганизаций: микроклимат, шум, вибрация, запыленность и химическое загрязнение воздуха рабочей зоны, показатели тяжести и напряженности трудового процесса.

Для комплексной оценки условий труда использованы критерии и подходы, заложенные в Санитарных нормах и правилах «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 211 от 28.12.2012 [3]. Результаты исследования тяжести и напряженности труда работников анализировались с учетом требований Инструкции № 027-1212 «Гигиеническая оценка характера трудовой деятельности по пока-

зателям тяжести и напряженности труда», утвержденной постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 12.07.2013.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ полученных данных свидетельствует, что нарушения санитарных норм и правил выявлены в 94,9% сельскохозяйственных организаций от числа обследованных, в т. ч. в 89,9% ремонтно-механических мастерских (далее — РММ), 26,1% складов пестицидов, 14,7% пунктов протравливания семян и 20,2% складов по хранению минеральных удобрений.

Наиболее распространенным нарушением гигиенических требований и нормативов по организациям сельского хозяйства (таблица) являются высокие уровни шума и вибрации на рабочих местах, неудовлетворительный микроклимат, высокая запыленность воздуха.

Таблица — Удельный вес рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по факторам производственной среды на рабочих местах и отрасли сельского хозяйства за двухлетний период

Период	2013	2014	2013	2014
Показатели	в целом по республике, %		по отрасли сельского хозяйства, %	
Пары и газы	5,9	4,2	6,1	4,4
Аэрозоли	11,9	10,4	18,1	16,1
Шум	33,4	28,3	34,3	28,1
Вибрация	9,2	21,7	40,3	33,8
Микроклимат	12,3	10,3	16,1	13,9
Освещенность	9,1	7,2	11,7	8,8

Представленный в таблице материал по анализу состояния факторов производственной среды свидетельствует, что на 47,8% РММ, обследованных лабораторно, зарегистрированы превышения гигиенических нормативов вредных факторов производственной среды. Превышения допустимых уровней вибрации в 2014 г. зарегистрированы на 33,8% рабочих мест от числа обследованных, шума — на 28,1%, параметров микроклимата — на 13,9%, превышения допустимых концентраций и допустимых уровней пыли и вредных химических веществ установлены на 16,1 и 4,4% рабочих мест соответственно.

Кроме того, лабораторные измерения вредных производственных факторов проведены на 2129 единицах сельскохозяйственной техники, при этом превышения установленных нормативов выявлены на 804 единицах (37,8% от числа обследованных).

На предприятиях по переработке льна органами государственного санитарного надзора в ходе надзорных мероприятий в 2014 г. установлены нарушения санитарных норм и правил в 100% случаях при плановых проверках и в 92% случаев — при мониторингах.

По данным плановых проверок органов госсаннадзора основными проблемными вопросами на льнозаводах являются:

- хранение практически всей техники и агрегатов, в т. ч. и для обработок пестицидами (агрохимикатами), на открытых площадках, отсутствие мастерских для проведения их технического обслуживания и ремонта, специально оборудованных моек;

- несвоевременные ремонт производственных и санитарно-бытовых помещений, благоустройство прилегающей территории;

- необходимость замены (модернизации) физически и морально изношенного производственного оборудования основного производства;

- превышения предельно допустимых концентраций пыли и уровней шума на рабочих местах, связанные, прежде всего, с несовершенством технологических процессов и оборудования, при применении которых соблюдение ПДК и ПДУ вредных производственных факторов на рабочих местах не представляется возможным по их техническим характеристикам.

Кроме этого, по материалам органов госсаннадзора основными нарушениями санитарных норм и правил часто являются неудовлетворительное содержание территорий, производственных и санитарно-бытовых помещений, не проведение в установленные сроки и в полном объеме лабораторных исследований факторов производственной среды, недостаточное обеспечение и оснащение санитарно-бытовых помещений, комнат для приема пищи и отдыха, неудовлетворительное функционирование и содержание систем вентиляции.

До последнего времени проблемным вопросом на селе остается обеспечение работников санитарно-бытовыми помещениями. Несмотря на мероприятия, за последние годы практически не улучшается процент обеспечения работников села санитарно-бытовыми помещениями. Обеспеченность гардеробными помещениями по республике составляет 85,9%, умывальными — 90,6%, душевыми — 70,7%, в т. ч. с горячим водоснабжением 68,3%, помещениями для приема пищи — 86,4%. Обеспеченность работающих спецодеждой и средствами индивидуальной защиты составляет 93,2%, медицинскими аптечками — 94,4%.

Как следствие неудовлетворительных условий труда, а также влияния таких сопутствующих факторов, как охлаждение, вынужденная рабочая поза и статическая нагрузка при выполнении производственных операций, неудовлетворительный режим работы способствуют возникновению производственно обусловленной заболеваемости и является основной причиной возникновения профессиональных заболеваний у работающих. Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности по разным сферам сельскохозяйственного производства могут достигать от 800–1200 (полеводство и животноводство) до 1400 (переработка сельхозпродукции) дней нетрудоспособности на 100 работников. В структуре заболеваний с временной утратой трудоспособности у механизаторов распространены заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата. Наиболее частыми в числе этих заболеваний являются люмбагия и пояснично-крестцовый радикулит.

У механизаторов наблюдается повышенный уровень неспецифических заболеваний органов пищеварения, что объясняется не только влиянием неблагоприятных производственных факторов (таких, как толчки, общая вибрация), но и нарушениями режима питания и не всегда качественным питьевым водоснабжением. Нервно-эмоциональное напряжение в трудовой деятельности операторов сельскохозяйственных машин способствует увеличению заболеваний центральной нервной и сердечнососудистой систем.

В целом отмечается рост временной нетрудоспособности с увеличением стажа, особенно заболеваниями, которые могут быть связаны с влиянием неблагоприятных условий труда (болезни опорно-двигательного аппарата и соединительной ткани, болезни органов кровообращения), что в совокупности с неблагоприятными условиями труда, экологической нагрузкой, социально-экономическим статусом и образом жизни приводит к снижению устойчивости организма к воздействию вредных средовых факторов.

Согласно официальному учету за последние три года в сельскохозяйственных организациях республики зарегистрировано 7 случаев профессиональных заболеваний, из них 2 случая среди механизаторов (вибрационная болезнь и нейросенсорная тугоухость у трактористов).

На основе анализа полученных материалов по характеристике факторов производственной среды, уровня заболеваемости временной утратой трудоспособности можно выделить следующие потенциально опасные производства и профессии для работающих:

- потенциально опасные производства и работы: тепличное хозяйство, работы с агрохимикатами и пестицидами, предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции;

- потенциально опасные профессии: полеводы, операторы животноводческих комплексов, операторы перерабатывающих производств, работники закрытого грунта, ветеринарные работники, строительные профессии, слесари-ремонтники и др.

Для уменьшения риска профессионального нарушения здоровья работников сельскохозяйственных организаций необходимо выполнение мер первичной и вторичной профилактики.

К мерам первичной профилактики следует отнести:

- разработка и внедрение мер по замене вредных технологических процессов более совершенными, согласование проектов производственных объектов с органами и учреждениями госнадзора;

- содержание в строгом соответствии с требованиями санитарных норм и правил производственных помещений, соблюдение гигиенических нормативов при ведении основных технологических процессов, осуществление планового лабораторного контроля факторов производственной среды, комплексная гигиеническая оценка условий труда и разработка корректирующих мер;

- ввод ограничений на увеличение объемов производства (интенсификацию) при использовании отдельных видов опасных для здоровья работников технологий;

- соблюдение законодательства об ограничении использования труда женщин и несовершеннолетних на отдельных видах работ;

- информирование нанимателем лиц, поступающих на работу в опасные для здоровья производства и профессии, об имеющемся риске, мерах коллективной и индивидуальной защиты.

Мероприятия вторичной профилактики включают медицинские меры, к которым относятся обязательные предварительные перед приемом на работу и периодические медицинские осмотры с комплексом лабораторных исследований в соответствии с законодательством, анализ заболеваемости работников и установление связи выявленных нарушений здоровья с неблагоприятными факторами труда, рациональное трудоустройство лиц с начальными стадиями производственно обусловленных нарушений здоровья, формирование групп риска и диспансерное наблюдение за лицами с целью определения дальнейшей профессиональной пригодности их по состоянию здоровья.

**Заключение.** В современных условиях требуется дальнейшее развитие и совершенствование системных методов управления здоровьем, включая профилактическую направленность на предупреждение вредного воздействия факторов производственной среды и технологических процессов агропромышленного производства, снижение риска возникновения заболеваний и улучшение условий труда работников. Новый этап развития сельскохозяйственного производства требует постоянного внимания к обеспечению и совершенствованию гигиенически рациональных условий труда и быта, укреплению здоровья сельского населения. Эти задачи повседневно решаются системой государственных мероприятий, систематически реализуются медицинскими работниками сельских лечебно-профилактических учреждений, районными центрами гигиены и эпидемиологии, а также научно-практическими организациями и специалистами кафедр гигиенического профиля высших учебных медицинских учреждений.

#### **Литература**

1. Факторы профессионального риска здоровью работников основных отраслей сельского хозяйства / Т.А. Новикова [и др.] // Профессия и здоровье: материалы 10-го Всерос. конгр., Москва, 6–8 дек. 2011 г. — М., 2011. — С. 358–360.
2. Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства саратовской области / Л.А. Варшамов [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. — 2011. — № 12. — С. 10–13.
3. Гигиеническая классификация условий труда : санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 211 // Гигиена труда: сб. норм. док. — Минск, 2013. — Вып. 13. — С. 4–56.

#### **WORKING CONDITIONS OF THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF BELARUS**

*Kosyachenko G.E.<sup>1</sup>, Yakovlev S.E.<sup>1</sup>, Tishkevich G.I.<sup>1</sup>, Ivanovich E.A.<sup>1</sup>, Nikolaeva E.A.<sup>1</sup>, Rakevich A.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Republican Unitary Enterprise "The Scientific and Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;*

<sup>2</sup>*State Institution "Republican Centre of Hygiene, Epidemiology & Public Health", Minsk, Republic of Belarus*

The agricultural production is on the list of branches with heavy working conditions that pose high risk to employees' health. The agriculture workers are exposed to wide variety of environmental hazards in their work life, which can form pathogenic mechanisms of occupational and production associated diseases leading to incapacity and invalidity.

**Keywords:** production environment factors, working conditions of employees of agro-industrial production, morbidity with temporary incapacity, occupational morbidity, prevention measures.

Поступила 15.07.2016

## АНАЛИЗ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЛЕОСРЕДЫ НАЗЕМНЫХ ГАЛО- И СПЕЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР

*Николаева Е.А., Тишкевич Г.И., Косяченко Г.Е.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** По материалам архива государственного учреждения «НПЦГ» за 2010–2016 гг. проведен гигиенический анализ качественных и количественных показателей факторов спелеосреды эксплуатируемых наземных гало- и спелеоклиматических камер. Показано, что не во всех обследованных объектах выполняются и соблюдаются гигиенические требования, предъявляемые к показателям среды, что затрудняет оценку эффективности использования немедикаментозного для республики метода реабилитации заболеваний органов дыхания и другой патологии аллергического происхождения у населения республики. На основании полученных данных сделан вывод о необходимости индивидуального подхода при отработке режимов отпуска процедур, учитывающего динамические процессы формирования и восстановления гигиенически значимых параметров среды в лечебной зоне, определения периодичности контроля факторов среды в наземных гало- и спелеоклиматических камерах.

**Ключевые слова:** галотерапия, искусственная спелеосреда, наземные галокамеры, гигиенические факторы спелеосреды, гигиенические требования.

**Введение.** Заболевания органов дыхания входят в число актуальных медико-социальных проблем Беларуси. Бронхиальная астма является наиболее распространенным хроническим неспецифическим заболеванием бронхолегочной системы. По оценкам международных экспертов, около 300 млн человек в мире страдает бронхиальной астмой (Global Strategy for asthma management and prevention, 2011). Данная патология вносит существенный вклад в общий уровень инвалидности и смертности населения многих стран мира, является причиной смерти 250 тыс. человек ежегодно и наносит не только социальный, но и экономический ущерб (Masoli M., 2004; Beasley R., 2004).

Приоритетным направлением решения этой проблемы является развитие и совершенствование специализированной медицинской помощи, профилактических и реабилитационных технологий, внедрение и широкое применение высокоэффективных методов лечения, позволяющих влиять на характер течения заболевания. В ряду методов терапии и реабилитации заболеваний органов дыхания во многих странах последние годы все большее внимание уделяется методам нетрадиционной медицины, в частности истинной спелеотерапии и ее наземному варианту в виде гало- и спелеоклиматотерапии.

Международная практика применения спелеотерапии, а также исследования в Беларуси, проведенные на базе ГУ «Республиканская больница спелеолечения», свидетельствуют о больших потенциальных возможностях этого уникального метода лечения. При этом метод спелеотерапии успешно используется в республике как для лечения, так и с целью реабилитации и оздоровления.

В последние годы в стране и за рубежом все шире применяются искусственные аналоги спелеотерапии в виде наземных отделений галотерапии, камер искусственного микроклимата. Формирующаяся естественным либо искусственным путем среда в них характеризуется как различным составом показателей среды, так и качественным составом показателей в однотипных лечебных объектах. Использование наземных гало- и спелеоклиматических камер имеет и ряд преимуществ по сравнению с подземным спелеостационаром, поскольку для этих подразделений нет возрастных ограничений для лечения с использованием метода, отсутствует ряд других противопоказаний.

Для успешного и эффективного использования наземных гало- и спелеоклиматических камер медицинского назначения особое значение имеет не только выявление параметров факторов среды, формирующейся в них за счет использования соляных материалов, но и определение наиболее значимых факторов, управляя которыми можно в наибольшей степени влиять на позитивное течение хронических бронхолегочных заболеваний у пациентов, повышать качество оказания медицинской помощи.

**Цель работы** — анализ имеющихся разрозненных данных инструментальных исследований, характеризующих основные показатели спелеосреды лечебной зоны эксплуатируемых наземных гало- и спелеоклиматических камер различного конструктивного исполнения для установления приоритетности измеряемых гигиенически значимых показателей при их периодическом контроле.

**Материалы и методы.** По материалам периодического инструментального контроля объектов медицинского назначения (архивный материал) выполнен гигиенический анализ качественных и количественных показателей спелеосреды эксплуатируемых наземных гало- и спелеоклиматических камер. Информационная база данных создана на основе материалов проведенных ранее гигиенических исследований ГУ НПЦГ по разным гало- и спелеоклиматическим медицинским объектам республики за 2010–2016 гг. (архива ГУ НПЦГ). В основе информационной базы использованы материалы гигиенических исследований, выполненных на 25 объектах республики.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ показал, что в республике применяются искусственные аналоги спелеотерапии в виде наземных гало- и спелеоклиматических камер лечебных помещений специальной конструкции с облицовкой из сильвинита или галита и комплексом вспомогательного оборудования по поддержанию заданных стабильных параметров микроклимата и чистоты воздуха, максимально моделирующая элементы среды в спелеотерапевтических отделениях калийных или соляных рудников, большинство из которых оборудованы в организациях здравоохранения (поликлиники, санатории). Совокупность параметров гигиенических факторов (микроклимат, бактериальная обсемененность, соляной аэрозоль, ионный состав воздуха, освещенность, шум, электромагнитные поля, газовый состав воздуха, ионизирующее излучение), поддерживающихся в определенном диапазоне на протяжении отпуска процедуры, обеспечивает создание оптимальной среды лечебной зоны, за счет чего и достигается терапевтический эффект. Формирующаяся в наземных гало- спелеоклиматиче-

ских камерах специфическая среда характеризуется неустойчивостью параметров, что определяется условиями и режимом эксплуатации объекта, наличием и выполнением корректирующих и режимных требований, обеспечивающих необходимые качественные показатели среды в лечебной зоне галокамеры.

В результате исследований подготовлена база данных, содержащая качественные и количественные показатели спелеосреды эксплуатируемых наземных гало- и спелеоклиматических камер (галокамеры) с учетом периодического контроля качества среды в лечебной зоне, вспомогательных помещениях медицинского объекта. Анализ свидетельствует, что обследованные объекты можно разделить на два вида. Первый вид (28% из числа обследованных) — галокамеры искусственного микроклимата со стенами, облицованными соляными материалами методом нанесения штукатурки или сформированными из соляной плитки, с подсыпкой соляного материала на полу. Второй вид (72% обследованных) — галокамеры, выполненные пиленными (резаными) блоками из рудных соляных материалов, прессованными соляными материалами галургических производств, а также блоками, сформированными из осадочных природных материалов соляных озер зарубежья.

За 2010–2016 гг. выполнено более 370 измерений, характеризующих основные показатели спелеосреды эксплуатируемых наземных галокамер разных конструктивных решений.

Одним из основных регулируемых факторов среды наземных галокамер является микроклимат (температура и относительная влажность), который характеризуется относительно высокой стабильностью в течение года. Воздействие на человека микроклиматических факторов создает различные условия теплообмена организма с окружающей средой и обеспечивает благоприятное тепловое состояние и выражается не только в субъективном оптимальном (комфортном) теплоощущении человека, но и в характере физиологических процессов, которые происходят в организме при температурных изменениях среды. Микроклимат оказывает выраженное воздействие на бронхолегочный аппарат и рефлекторные реакции [1]. Анализ микроклиматических факторов показал, что температура воздуха в различные сезоны года в галокамерах I вида составляет от 18,3 до 23,8°C, в галокамерах II вида — от 17,5 до 24,9°C. В некоторых исследуемых объектах максимальное значение температуры воздуха превышает допустимые значения, наивысшее значение наблюдается в галокамерах, выполненных с использованием пиленых (резаных) блоков из рудных соляных материалов. Также, в галокамерах II вида среднее значение по показателю «относительная влажность» не соответствует требованиям СанПиН № 11-7-2002 (таблица 1).

Таблица 1. — Показатели температуры воздуха и относительной влажности в галокамерах различного конструктивного исполнения

Микроклиматические показатели	I вид галокамер		II вид галокамер	
	температура, °C	влажность, %	температура, °C	влажность, %
Минимальное значение	18,3	50	17,5	37
Максимальное значение	23,8	58	24,9	55
Среднее значение	20,3	53	21,4	45

Существенным фактором, определяющим специфику наземной среды галокамер, является присутствие в воздушной среде тонкодисперсного соляного аэрозоля, состав которого в значительной мере идентичен составу образующих горных пород [2–4]. Как правило, основу соляного аэрозоля образуют хлориды натрия и калия с примесью солей кальция, магния, железа и ряда микровключений, содержащих целый ряд микроэлементов, что не характерно для галокамер, облицованных прессованными соляными материалами галургических производств, изготавливаемых преимущественно из хлорида натрия (каменная либо поваренная соль), а также для галокамер первого вида, где генерация аэрозоля проводится только в присутствии пациентов. Анализ изучаемых факторов показал, что во всех галокамерах II вида концентрация соляного аэрозоля соответствует оптимальным значениям. Однако в некоторых камерах I вида при работе оборудования (аэрозольный распылитель) отмечается значительные разбросы концентраций аэрозолей — от 0,3 до 19,8 мг/м<sup>3</sup> (таблица 2).

Таблица 2. — Содержание соляного аэрозоля в воздушной среде галокамер различного конструктивного исполнения

Соляной аэрозоль, мг/м <sup>3</sup>	I вид галокамер	II вид галокамер
Минимальное значение	0,3	0,3
Максимальное значение	19,8	1,7
Среднее значение	7,11	0,54

Проанализированы измерения фракционного состава соляного аэрозоля в воздушной среде, все выполненные измерения соответствуют допустимым гигиеническим нормативам. Следует отметить, что в воздухе лечебных отделений обследованных наземных гало- и спелеоклиматических камер (59,6%) содержатся частицы солей, размеры которых на 80–90 % не превышают 5 мкм, т. е. имеют оптимальный размер для проникновения в бронхиолы.

Значимым фактором, определяющим специфику спелеосреды, является ионизация воздуха. Механизм действия ионизированного воздуха на организм человека объясняется электрообменом в легочной ткани, а также нейрорефлекторными реакциями на раздражения слизистых оболочек аэроионами. Наиболее важное биологическое значение имеют легкие отрицательные аэроионы. Их высокие концентрации способствуют благоприятным изменениям в газовом и минеральном обмене, усиливают деятельность мерцательного эпителия слизистой оболочки респираторного тракта.

Результаты измерений содержания легких аэроионов в воздухе наземных гало- спелеоклиматических камер разных архитектурно-планировочных решений, аппаратного оснащения и методов формирования среды показали, что средняя концентрация отрицательных аэроионов в галокамерах I и II вида по изученному показателю соответствует требованиям СанПиН № 11-7-2002 «Санитарные правила и нормы к проектированию и эксплуатации галокамер и спелеоклиматических камер медицинского назначения». Однако в некоторых галокамерах искусственного микроклимата со стенами, облицован-

ными соляными материалами методом нанесения штукатурка или плиткой с подсыпкой соляного материала на полу, количество легких аэроионов отрицательного знака не достигает концентрации, обладающей лечебным эффектом (таблица 3).

Таблица 3. — Характеристика аэроионизации в галокамерах различного конструктивного исполнения

Ионный состав воздуха	I вид галокамер		II вид галокамер	
	количество легких аэроионов в 1 см <sup>3</sup>			
	(n -)*	(n +)**	(n -)*	(n +)**
Минимальное значение	90	100	300	190
Максимальное значение	1770	1990	3720	3490
Среднее значение	618	584	1590	1643
Примечания: 1 — * — аэроионы отрицательного знака. 2 — ** — аэроионы положительного знака.				

Специфику воздушной среды наземных галокамер определяют соляные материалы. Образующийся за счет естественной диффузии минералов высокодисперсный соляной аэрозоль оказывает мягкое бактерицидное действие на воздушную микрофлору. Важным фактором, определяющим терапевтические свойства галокамер, является практически полное отсутствие в воздухе аллергенов, включая аллергены микробного происхождения, а также чрезвычайно низкая обсемененность микроорганизмами. Характеристике общей бактериальной обсемененности воздушной среды галокамер придается важное значение, поскольку данный показатель наиболее динамичен и зависит от наполняемости лечебной зоны, режима эксплуатации, мер по восстановлению среды в галокамерах (активное вентилирование, ультрафиолетовое облучение, санитарная уборка). Анализ результатов бактериологических исследований показал, что только в одной галокамере II вида до приема пациентов и после всех сеансов спелеотерапии общая бактериальная обсемененность воздуха превышает допустимые значения, что свидетельствует о неправильной подготовке среды к моменту приема пациентов.

**Заключение.** В настоящее время в Республике Беларусь широко применяются искусственные аналоги спелеотерапии в виде наземных гало- и спелеоклиматических камер — помещений специальной конструкции с облицовкой из сильвинита или галита и комплексом вспомогательного оборудования по поддержанию заданных стабильных параметров гало- и спелеосреды, которые максимально моделируют основные элементы среды в спелеотерапевтических отделениях калийных или соляных рудников. Эффективность медицинского использования галокамер зависит, в первую очередь, от правильности построения режимов эксплуатации, устанавливаемых по результатам гигиенической оценки параметров среды на этапах подготовки к приему пациентов, отпуска процедур и восстановления качественных характеристик среды.

На основе выполненного анализа можно заключить, что приоритетными гигиенически значимыми показателями для оценки качественных и количественных характеристик наземных галокамер являются: стабильный микроклимат (температура, относительная влажность), наличие мелкодисперсного соляного аэрозоля, отсутствие бактериального загрязнения, высокое содержание аэроионов.

#### Литература

1. Баранников, В.Г. Использование естественных факторов калийных рудников в лечебных целях / В.Г. Баранников // Профилактическая медицина. Состояние и перспективы. — Л., 1991. — С. 193–194.
2. Торохтин, М.Д. О лечебном действии микроклимата соляных шахт на больных бронхиальной астмой / М.Д. Торохтин // Вопр. курортологии. — 1977. — № 4. — С. 63–66.
3. Богданович, А.С. Специфические факторы среды калийных рудников Солигорского бассейна и возможности их использования для спелеотерапии // Здравоохранение Белоруссии. — 1985. — № 1. — С. 39–41.
4. Максимович, Г.А. Типы природных и искусственных пещер, используемых для лечебных целей / Г.А. Максимович, Н.Г. Хрошавин // Пещеры. — Пермь, 1972. — Вып. 12. — С. 55–57.

## ANALYSIS OF HYGIENIC FEATURES OF SPELEO ENVIRONMENT OF ABOVE GROUND HALO AND SPELEO CHAMBERS

*Nikolaeva E.A., Tishkevich G.I., Kosyachenko G.E.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The hygienic analysis of qualitative and quantitative indicators of speleo environment factors of exploited above ground halo and speleo chambers has been carried out on the basis of archives materials of the state enterprise "SPCH" covering 2003–2016 years period. It was shown that the hygienic requirements aren't performed and observed in all inspected objects, which are applicable to the environmental indices, this fact causes trouble to the estimation of use effectiveness of the drug-free for the republic rehabilitation method of respiratory organs diseases and pathology of allergic origin in republic population. On the obtained data basis the conclusion has been drawn about the individual approach necessity of the regimes drill of procedures delivery that will consider the dynamic processes of formation and recovery of the hygienically significant parameters of environment in the therapeutic zone, determination of the control periodicity of environmental factors in above ground halo and speleo chambers.

**Keywords:** halo therapy, artificial speleo environment, above ground halo chambers, hygienic factors of speleo environment, hygienic requirements.

Поступила 19.07.2016

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ВОДИТЕЛЕЙ-ОПЕРАТОРОВ АВТОКРАНОВ, АВТОВЫШЕК И МОБИЛЬНЫХ ПОДЪЕМНЫХ ПЛАТФОРМ

*Соловьева И.В., Сычик С.И., Кравцов А.В., Дроздова Е.В., Арбузов И.В., Баслык А.Ю., Быкова Н.П.  
Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены результаты исследований уровней шума и вибрации (общей транспортной, транспортно-технологической и локальной) на рабочих местах водителей-операторов автокранов, автовышек и мобильных подъемных платформ с учетом дозо-временных нагрузок за смену.

**Ключевые слова:** рабочие места водителей-операторов, вибрация транспортная, вибрация транспортно-технологическая, комбинированное воздействие.

**Введение.** Современное общество стремится к сохранению и укреплению здоровья работающего населения. Одной из основ экономической благополучного государства является решение проблем в области гигиены труда. Вибрационная патология занимает одно из первых мест в структуре профессиональной заболеваемости [1]. По данным государственного доклада «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2015 г.», на 16,9% обследованных рабочих мест отмечались превышения допустимых уровней вибрации.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается, главным образом, силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий [2].

В настоящее время гигиеническое нормирование вибрации для водителей транспортных средств и операторов технологических машин осуществляется двумя категориями: транспортной или транспортно-технологической. Однако существует категория водителей таких транспортных средств, как автокраны, автопогрузчики, дорожно-строительные машины, мобильные подъемные платформы, а также водители, выполняющие перевозки как грузов, так и пассажиров в течение рабочей смены или недели, на которых воздействуют как транспортная, так и транспортно-технологическая вибрация. В Республике Беларусь в настоящее время не существует гигиенического норматива комбинированного воздействия транспортной и транспортно-технологической вибрации и метода его гигиенической оценки. Специалистами нашего центра проводятся исследования с целью разработки гигиенического норматива и метода гигиенической оценки комбинированного воздействия транспортной и транспортно-технологической вибрации. Исследования включают гигиеническую оценку комбинированного воздействия на работающих (водителей автокранов, автовышек, мобильных подъемных платформ, автопогрузчиков, грузового и легкового транспорта, грузового транспорта и автобуса) транспортной и транспортно-технологической вибрации в динамике рабочей смены с учетом тяжести и напряженности трудового процесса и исследования влияния комбинированного воздействия транспортной и транспортно-технологической вибрации на организм человека на основе физиологических исследований.

**Цель работы** — изучение комбинированного воздействия транспортной и транспортно-технологической вибрации на работающих для последующей разработки гигиенического норматива и метода его гигиенической оценки.

**Материалы и методы.** Гигиеническая оценка воздействия общей транспортной и транспортно-технологической вибрации, локальной вибрации и шума на рабочих местах водителей-операторов автокранов, автовышек и мобильных подъемных платформ проводилась в реальных условиях эксплуатации в кабинах транспортных средств при перемещении транспортного средства и при выполнении технологических операций.

Основным методом, характеризующим воздействие на работников вибрации, является частотный анализ средних квадратичных значений виброускорения (или их логарифмических уровней) в октавных или 1/3 октавных полосах частот. Спектр общей и локальной вибраций (низко-, средне- и высокочастотной составляющей) определяет специфику неблагоприятного действия вибрации.

Для измерения уровней шума и вибрации применялся тракт, состоящий из акселерометра, виброметра (шумомера), набора частотных фильтров (октавных, третьоктавных). При этом акселерометр для измерения параметров общей и локальной вибрации имел частотную характеристику от 0,6 до 5,0 Гц. Виброизмерительные приборы проходили метрологическую поверку в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Вибрация, передаваемая телу человека через мягкие или упругие материалы, измерялась с помощью акселерометра, установленного между телом человека и областью контакта с ним на поверхности. Акселерометр устанавливался так, чтобы изменение давления на поверхность было минимальным. При этом использовались специальные приспособления — диски, на которые крепился акселерометр для общей вибрации и ручные адаптеры для локальной вибрации. Для измерения уровней звука и уровней звукового давления в третьоктавных полосах частот применяли шумомеры 1-й точности по ГОСТ 17187 «Октава-110А» с микрофоном МК-265.

До измерения определяли, какие рабочие операции могут вносить существенный вклад в общее значение эквивалентного виброускорения, определялись место и условия выполнения и характер каждой операции, после чего количественно оценивалось полное время вибрационного воздействия ее выполнения в течение рабочего дня. Ввиду того, что в течение рабочего дня водителями-операторами выполнялись продолжительные непрерывные операции (передвижение в режиме транспортной вибрации и перемещение грузов или проведение работ на автовышке или мобильной подъемной платформе), измерения проводились для всех операций в разные моменты рабочего дня. По ним проводились усреднения, для того чтобы учесть колебания уровня вибрации в течение дня.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам исследований установлено, что как транспортная, так и транспортно-технологическая вибрация на рабочих местах водителей автокранов, автовышек и мобильных подъемных платформ по временным характеристикам является непостоянной, по характеру спектра — широкополосной, по частотному составу — низкочастотной. При этом доминирующим направлением воздействия транспортной вибрации является ось ортогональной си-

стемы координат, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем и полом (ось Z), доминирующими направлениями воздействия транспортно-технологической вибрации являются оси ортогональной системы координат от спины к груди (ось X) и вертикальная ось (ось Z).

При сопоставлении уровней транспортной и транспортно-технологической вибрации по осям ортогональной системы координат X, Y, Z с учетом погрешности современных методов измерения установлено, что по оси X уровни транспортно-технологической вибрации существенно выше в диапазоне частот от 0,8 до 2,5 Гц, а транспортной — в диапазоне частот от 2,5 до 160 Гц. По оси Y во всем исследуемом диапазоне частот уровни транспортной вибрации выше, чем уровни транспортно-технологической вибрации, за исключением диапазона частот со среднегеометрическими третьоктавными полосами частот 4; 8; 10; 12,5; 40; 50; 63 Гц, где транспортная и транспортно-технологическая вибрация имеет одинаковые уровни. По оси Z уровни транспортной и транспортно-технологической вибрации на протяжении всего спектра измерений находятся на одном уровне. Но в диапазоне частот 3,15–12,5 Гц выше уровни транспортно-технологической вибрации, а на частотах 16; 125; 160 Гц выше уровни транспортной вибрации.

Приведенные к 8-часовой рабочей смене эквивалентные скорректированные уровни вибрации имеют превышения предельно-допустимых уровней. Так, в третьоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 1,6 и 2 Гц в среднем превышение ПДУ транспортной вибрации составляет 16 дБ, 2,15 Гц — 10 дБ, 3 Гц — 4 дБ.

Локальная вибрация на рабочих местах у водителей автокранов, автовышек и мобильных подъемных платформ по временным характеристикам является непостоянной, по характеру спектра — широкополосной, по частотному составу — низкочастотной вибрацией. При анализе полученных результатов уровни вибрации при движении транспортных средств и при выполнении технологических операций не превышали предельно допустимых уровней, различия между уровнями у пульта управления и в кабине автотранспорта находились в пределах погрешности измерений.

Тело человека, рассматриваемое как вязкоупругая механическая система, обладает собственными колебаниями с достаточно выраженными резонансными частотами: 20–30 Гц (голова), 40–100 Гц (глаза), 0,5–13 Гц (вестибулярный аппарат), 4–6 Гц (сердце), 2–3 Гц (желудок), 2–4 Гц (кишечник), 6–8 Гц (почки), 2–5 Гц (руки) [3]. Систематическое воздействие общей вибрации высоких уровней особенно в области резонансных частот может стать причиной профессионально обусловленных заболеваний [1].

Шум на рабочих местах в кабине автомобиля и у пульта управления как в режиме движения, так и в технологическом режиме характеризуется непрерывным спектром шириной более одной октавы, по временным характеристикам является непостоянным колеблющимся. Установлено, что водители автокранов, автовышек и мобильных подъемных платформ управляют автомобилем (режим движения по улицам города) в 6 раз меньше по времени, чем непосредственно краном (вышкой). При выполнении технологических операций рабочие места водителей автокранов находятся в кабинах, а автовышек и мобильных подъемных платформ — непосредственно у пультов управления на открытом воздухе, без изолирующей кабины, в результате чего помимо шума, создаваемого автовышками и мобильными платформами, акустическая ситуация ухудшается шумом городских улиц. При этом следует отметить, что нахождение водителя у пульта управления автовышкой или мобильной подъемной платформой предусматривается во время всего периода проведения высотных работ. Измеренные эквивалентные уровни звука у пульта управления автовышек и мобильных платформ регистрировались на 7–9 дБА выше, чем у пульта управления автокранов.

Дозо-временные нагрузки на рабочих местах операторов по шуму составляли в пределах от 62 до 69 дБА и не превышали предельно допустимых уровней. При этом, в ряде научных изданий отмечаются физиологические изменения со стороны организма при уровнях шума 65–85 дБ. Так, при указанном уровне шума пульс и давление крови повышаются, сосуды сужаются, что снижает снабжение организма кровью, и человек быстрее устает. Установлено, что при работах, требующих внимания, при увеличении уровня шума с 65 до 85 дБ имеет место снижение работоспособности и производительности труда на 30% [4].

При аттестации рабочих мест рассматриваемые профессии по виброакустическим показателям относятся к 2-му (допустимому) классу условий труда. При этом водители автокранов, автовышек и мобильных подъемных платформ пребывают в вынужденной (неудобной и/или фиксированной) рабочей позе более 50% времени смены, что соответствует вредному классу условий труда 3.2.

Следует отметить, что рабочие места водителей автовышек и подъемных мобильных платформ находятся до 65% рабочего времени на открытом воздухе и при этом относятся к 2-му классу. Согласно инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлению компенсаций данной категория рабочих мест может быть установлен класс условий труда 3.1 при работе на открытом воздухе в течении 80% и более продолжительности рабочей смены [5]. По ряду научных исследований при низких температурах уменьшается способность организма адекватно реагировать на раздражитель, что может обострять негативное влияние вибрационного действия на организм человека.

**Заключение.** Результаты исследований по оценке условий труда водителей-операторов свидетельствуют о необходимости совершенствования санитарно-эпидемиологического законодательства по вопросу влияния комбинированного воздействия транспортной и транспортно-технологической вибрации с целью корректной оценки воздействия вредных факторов на данную категорию работников.

#### Литература

1. Артамонова, В.Г. Профессиональные болезни / В.Г. Артамонова, Н.А. Мухин. — 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Медицина, 2004. — 480 с.
2. Некоторые современные аспекты патогенеза вибрационной болезни / В.Г. Артамонова [и др.] // Медицина труда и пром. экология. — 1999. — № 2. — С. 1–4.
3. Диментберг, Ф.М. Вибрация в технике и человек / Ф.М. Диментберг, К.В. Фролов. — М.: Знание, 1987. — 160 с.
4. Исследование уровней шума при специальной оценке труда: метод. указ. к лаб. работам / В.С. Сердюк [и др.]. — Омск: ОГТУ, 2015. — 30 с.
5. Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлению компенсаций: утв. постановлением М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь 22.02.2008 № 35. — 66 с.

## HYGIENIC EVALUATION OF WORKING CONDITIONS OF TRUCK CRANES, AERIALS PLATFORMS AND MOBILE LIFTING DRIVERS-OPERATORS

*Solovjeva I.V., Sychik S.I., Kravtsov A.V., Drozdova E.V., Arbuzov I.V., Baslyk A.Y., Bykova N.P.  
Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The article presents the results of the study of working conditions of truck cranes, aerial and mobile lifting platforms drivers based on dose-time loads per shift and the results of a measuring noise levels, the overall transport, transport-technological and local vibration on the specified workplaces.

**Keywords:** driver-operator workplaces, transport vibration, transport-technological vibration, combined impact.

Поступила 19.07.2016

## ДОНОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ

*Сычик С.И., Зеленко А.В., Сиякова О.К., Семушина Е.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Беларусь*

**Реферат.** В статье проанализирована значимость и целесообразность применения анкет «Опросный лист» для работников горнодобывающей промышленности, подвергающихся действию физических производственных факторов на приеме у врача-невролога, врача-офтальмолога, врача-оториноларинголога.

**Ключевые слова:** физические производственные факторы, «Опросный лист», медицинский осмотр.

**Введение.** Трудовая деятельность в организациях, где работники подвергаются воздействию вредных физических производственных факторов (вибрация, шум), связана с высоким уровнем профессионального риска с точки зрения травматизма, болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани [1].

Современные условия труда данной категории рабочих характеризуются высокой запыленностью, интенсивным шумом и вибрацией, неблагоприятным микроклиматом. Действие на организм этих неблагоприятных факторов усугубляется психоэмоциональными нагрузками, отсутствием солнечного освещения, ограниченностью пространства при выполнении рабочих операций. Все это приводит к большому количеству несчастных случаев и высокому уровню профессиональных заболеваний, обострению хронических и появлению новых заболеваний [2, 3].

Опыт многих стран показал, что реализация научно обоснованных профилактических и лечебных мер позволяет в течение 15–20 лет снизить смертность от неинфекционных заболеваний в 2 раза и более. При этом вклад профилактических мер, существенно менее затратных в сравнении с лечебными, обуславливает успех более чем на 50%. Основой профилактики является стратегия высокого риска — выявление лиц с повышенным уровнем факторов риска неинфекционных заболеваний на донозологическом этапе формирования профессионально обусловленных болезней. В ряде случаев ранние признаки патологии, выявляемые при периодических медицинских осмотрах, — это профессионально обусловленные или еще несформировавшиеся профессиональные заболевания, когда стажевая доза еще мала, а признаки нарушения здоровья еще не являются специфичными [4]. «Опросный лист» — это анкеты, содержащие информацию по анамнезу жизни работника и наличию жалоб на состояние здоровья по соответствующей нозологии (оториноларингологической, офтальмологической, неврологической и др.). Анализ информации, полученной с помощью анкеты «Опросный лист», позволяет формировать группы повышенного риска развития неинфекционных заболеваний, что является способом управления профессиональным риском с проведением в случае необходимости дополнительного обследования; профилактических, лечебных и реабилитационных мероприятий. Медицинские осмотры с использованием анкет «Опросный лист» способствуют оптимизации времени врачебного приема: увеличению внимания врача к диспансерной группе пациентов, осмотр пациентов с использованием специальных методов и инструментов. Таким образом, применение анкет «Опросный лист» способствует формированию алгоритма обследования «узкими» специалистами больших групп населения. В данном организационном эксперименте анкеты «Опросный лист» были дополнены осмотром врача-невролога и при необходимости инструментальным обследованием (паллестезиометрией, электромиографией).

**Цель работы** — определение целесообразности применения анкет «Опросный лист» для скрининга заболеваний при периодических медицинских осмотрах.

**Материалы и методы.** Общее количество обследованных работников составило 95 человек, опрошенных с помощью анкет «Опросный лист» по следующим нозологиям: оториноларингология, офтальмология, неврология. В связи с тем, что ранее нами изучалась заболеваемость работников данного предприятия в зависимости от стажа работы, работники предприятия были разделены на следующие группы трудового стажа: до 5 лет, 6–10 лет, 11–15 лет, более 15 лет.

**Результаты и их обсуждение.** С учетом достаточно высоких показателей профессиональной заболеваемости работников считаем необходимым повысить эффективность медицинских мероприятий по выявлению, лечению, диспансеризации и профилактике заболеваний и их осложнений в рамках обязательных медицинских осмотров работников. Поэтому основной задачей нашего исследования являлось внедрение анкет «Опросный лист» по сбору анамнеза для врачей, осуществляющих медицинские осмотры работников предприятий — врача-оториноларинголога, врача-невролога, врача-офтальмолога.

При анализе заполненных анкет «Опросный лист» для врача-оториноларинголога выявлено, что 100% из 95 опрошенных предъявляли те или иные жалобы со стороны органов дыхания и ЛОР-органов.

Максимальное количество жалоб у работников предприятия на шум в ушах — 25,3%, затрудненное дыхание — 24,2%, влажный кашель — 23,2%, нарушение слуха — 22,1%.

В группе трудового стажа «до 5 лет» предъявляло жалобы 22,1% опрошенных, в группе «6–10 лет» — 16,8%, «11–15 лет» — 23,2%, «более 15 лет» — 28,4%.

На боль в носу жаловались 10,52% работников, на наличие отеков в области придаточных пазух носа — 22,1%, причем появление утренних отеков отметило 66,7%. Наличие выделений из носа разного характера отметили 18,95% работни-

ков. На выделения из уха — 2,1%, на боли в ухе — 9,5%, на шум в ушах различной интенсивности и характера — 25,3%, на нарушение слуха жаловалось 22,1% работников предприятия.

Анализируя данные жалобы, можно предположить возможность формирования воспалительного или аллергического процесса в слизистой оболочке полости носа и придаточных пазухах и отоневрологической патологии. Для уточнения диагноза требуется лабораторно-инструментальное обследование с последующей консультацией врача-оториноларинголога.

Особого внимания заслуживают жалобы на головокружение, предъявленные 9,5% опрошенных, поскольку это указывает не только на заболевания уха или других органов, но и может явиться причиной производственного и бытового травматизма.

Следует отметить, что 18,95% жаловалось на одышку и затрудненное дыхание, из них у 50% опрошенных одышка появляется после работы, что может свидетельствовать о негативном влиянии производственных факторов и условий труда на течение заболеваний сердечно-сосудистой или дыхательной систем; у 22,2% — до начала работы, что вероятнее всего связано с наличием хронического заболевания; у 5,5% наличие одышки не связано со временем работы. У 4,2% опрошенных работников отмечались приступы удушья, при этом все они имеют трудовой стаж более 15 лет. Для правильной интерпретации данных жалоб требуются дополнительные обследования, а также анализирование данных анамнеза жизни работника из амбулаторных медицинских карт с целью определения зависимости их возникновения от воздействия производственной среды.

Жалобы на неприятных запах изо рта беспокоят 11,6% опрошенных работников. У 81% из них эти жалобы появляются после сна, у 27,3% связаны с режимом работы. Наличие данной жалобы требует уточнения возможных причин, в т. ч. и заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Заслуживает внимания наличие у 9,5% сотрудников жалоб на сухость во рту, что также требует дообследования, т. к. это одна из жалоб при нарушениях углеводного обмена.

Обращает на себя внимание количество работников в группе трудового стажа «до 5 лет» с жалобами на сухость во рту (22,2%), кровотечения из носа (11,8%), жжение, зуд в носу (21,4%), затруднение дыхания (17,4%), нарушение слуха (14,3%), головокружение (22,2%), сухой кашель (16,7%). Жалобы на кровотечение из носа, зуд и жжение в носовых ходах могут быть связаны с развитием атрофических процессов в слизистой оболочке полости носа. Лечебно-профилактические мероприятия среди работников данной стажевой группы могут предотвратить прогрессирование заболеваний и развитие осложнений.

В группе трудового стажа «6–10 лет» работники в основном предъявляли жалобы на нарушение чувствительности к запахам (25%), поперхивание (21,4%), затруднение дыхания (13%), припухание на лице (19,1%), кровотечения из носа (11,8%).

В группе «11–15 лет» основными являются жалобы на кровотечения из носа (41,2%), затруднение дыхания (39%), боль в горле (36,4%), жжение, зуд в носу (35,7%), головокружение, (33,3%), шум в ушах (33,3%), боль в ухе (33,3%). Наличие жалоб на неприятный запах из носа отмечено у 2,1% опрошенных.

В группе «>15 лет» сотрудники жаловались на боль в области носа (40%), головокружение (33,3%), шум в ушах (29%), нарушение слуха (28,6%), сухой кашель (27,7%), выделения из носа (27,8%), поперхивание (28,6%), сухость во рту (22,2%). С увеличением длительности трудового стажа увеличивается количество жалоб на нарушение чувствительности к запахам, что может свидетельствовать о формировании риноневрологической патологии. Особую настороженность вызывают жалобы на длительное изменение голоса и поперхивание, что требует дополнительного обследования с целью исключения онкологических заболеваний.

«Опросный лист» работника на приеме у врача-невролога при прохождении периодического медицинского осмотра состоит из 3 частей. Части А и В предназначены для заполнения самим работником. Часть С заполняется медицинским работником по результатам осмотра.

В ней отражаются: внешний вид верхних конечностей, мышечная сила, сухожильные рефлексы, вибрационная чувствительность, тактильная чувствительность, температурная чувствительность, болевая чувствительность, индекс мышечного синдрома, коэффициент вертебрального синдрома, коэффициент разгибания ноги, коэффициент сгибания ноги, коэффициент выраженности болезни, тест болезненной дуги. По показаниям проводятся и отражаются результаты инструментальных исследований (паллестезиометрия, электронейромиография).

В части анкет «Опросный лист», заполняемой работниками, 77,3% опрошенных указывают на боли в позвоночнике. Данная жалоба указана в анкетах 11,8% работников из стажевой группы «до 5 лет»; 17,6% — из группы «6–10 лет»; 29,4% — из группы «11–15 лет»; 41,2% — из группы «более 15 лет». Количество работников, предъявляющих жалобы на боли в позвоночнике, увеличивается со стажем работы, что свидетельствует о негативном влиянии производственной среды.

На боли в суставах жаловалось 22,7% опрошенных работников; 13,6% — на ощущение онемения в верхних конечностях. Боль и онемение являются причиной плохого ночного сна у 13,6% работников. Данные жалобы предъявляли работники стажевых групп «11–15 лет» и «более 15 лет». Учитывая высокий риск развития профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата у работников данной отрасли, ранняя диагностика с превентивными профилактическими и лечебно-реабилитационными мероприятиями может способствовать снижению заболеваемости.

По результатам осмотра врачом-неврологом установлено нарушение вибрационной чувствительности у 22,7% работников из 95 осмотренных. По остальным параметрам осмотра определены нормальные показатели. Нарушение вибрационной чувствительности в сочетании с ощущением онемения в верхних конечностях и болей в суставах кисти могут свидетельствовать о воздействии производственной локальной вибрации. Для дифференциальной диагностики с нейропатией иного генеза (метаболического, токсического и др.) требуются дополнительные обследования.

Анализ анкет «Опросный лист» врача-офтальмолога при прохождении периодического медицинского осмотра позволяет сделать следующие выводы.

Состояние органов зрения как отличное и очень хорошее оценило 90,5% опрошенных; как хорошее — 8,4%; удовлетворительное — 1,1%. Вместе с тем при ответе на вопрос «Какие жалобы со стороны органа зрения Вы имеете на данный момент?» только 52,6% работников указало на то, что жалоб нет, остальные 43,8% указали на жалобы разного характера. Эти работники подлежат дальнейшему обследованию с целью донозологической диагностики неинфекционных заболеваний: 16,9% работников отметили, что появлению жалоб со стороны органов зрения предшествовало физическое напряжение; 6,6% — стресс на работе и дома; 3,16% работников указали на повышение артериального давления (АД).

На вопрос «Какими основными заболеваниями Вы болели на протяжении жизни? (Перечислить)» 29,47% отметили болезни органов дыхания; 5,26% — гепатиты; заболевания органов пищеварения — 3,16%; катаракта, позвоночная грыжа, ревматоидный полиартрит, менингит — по 1,05%. Не ответили на вопрос 57,9% опрошенных. Из чего можно сделать вывод, что основная масса работников (77,89%) не владеет информацией о своем состоянии здоровья, т. е. не задумывается о возможных воздействиях на здоровье вредных производственных факторов.

Заболевания органов зрения в структуре заболеваний с ВН имеют незначительный удельный вес. Это подтверждают данные, указанные работниками в анкетах «Опросный лист» для врача-офтальмолога. Вместе с тем в данных листах работники указывают на наличие сопутствующей патологии, что является основанием для диспансерного наблюдения за данными пациентами.

Под влиянием интенсивного воздействия факторов, особенно в разных сочетаниях и комбинациях, в организме человека протекают неспецифические изменения и доказать их зависимость именно от производственной среды не всегда представляется возможным. [5, 6] В связи с этим актуальна донозологическая диагностика заболеваний, в т. ч. с использованием анкет «Опросный лист».

**Заключение.** Наши исследования подтверждают значимость и целесообразность применения анкет «Опросный лист» работника на приеме у врача-невролога, врача-офтальмолога, врача-оториноларинголога. Применение анкет «Опросный лист» на приеме у специалиста ускоряет подробный сбор анамнеза, жалоб, наличие сопутствующих заболеваний. Это делает возможным дополнительное обследование работника на предварительном этапе, уменьшает риск поздней диагностики неинфекционных заболеваний, позволяет проводить медицинский осмотр с рациональным использованием времени. Нами были разработаны критерии формирования групп риска развития неинфекционных заболеваний по следующим органам и системам: органы дыхания, костно-мышечная система, сердечно-сосудистая система, желудочно-кишечный тракт. При выявлении острых или хронических заболеваний у работников из выделенных групп риска проводятся лечебно-диагностические мероприятия в соответствии с клиническими протоколами диагностики и лечения данных заболеваний.

Перспективность оценки риска как инструмента способного определять приоритетность и эффективность профилактических мероприятий у врача-невролога, врача-офтальмолога, врача-оториноларинголога актуальна при дополнении традиционной методики разносторонними результатами лабораторно-инструментальных исследований, а также результатами анализа анкет «Опросный лист» с целью диагностики донозологической патологии [4].

#### Литература

- 1 Трифонова, Н.Ю. Медико-социальные аспекты заболеваемости населения хроническим бронхитом в современных условиях / Н.Ю. Трифонова // Проблемы упр. здравоохранением. — 2008. — № 6. — С.83–85.
2. Семенихин, В.А. Профессиональная патология у шахтёров Кузбасса: особенности формирования и профилактика: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.50 / В.А. Семенихин. — Ленинск-Кузнецкий, 2006. — 253 с.
3. Бухтияров, И.В. Современное состояние и перспектив профпатологической помощи в гражданской авиации (гигиенические и клинико-экспертные вопросы) / И.В. Бухтияров, Л.В. Прокопенко, Е.Л. Лашина // Медицина: целевые проекты. — 2014. — № 19. — С. 55–57.
4. Куренкова, Г.В. Методические аспекты гигиенической оценки профессионального риска здоровью работников / Г.В. Куренкова, Н.А. Судейкина, Е.П. Лемешевская // Сибир. мед. журн. — 2015. — № 7. — С.46–48.
5. Покровский, В.И. Современные проблемы экологически и профессионально обусловленных заболеваний / В.И. Покровский // Медицина труда и пром. экология. — 2003. — № 1. — С. 2–6.
6. Эльгаров, А.А. Медицина труда лиц опасных профессий / А.А. Эльгаров, А.М. Мутазов, А.Г. Шогенов // Медицина труда и пром. экология. — 2007. — № 5. — С. 1–6.

#### PRENOSOLOGICAL DIAGNOSTICS AS ONE OF THE WAYS OF OCCUPATIONAL RISK MANAGEMENT

*Sychik S.I., Zelenko V.A., Sinyakova O.K., Semushina E.A.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The significance and applicability of questionnaires “Questionnaire” for the mining industry employees has been analyzed in the article. The mining industry employees are exposed to physical production factors at doctor’s appointment (neurologist, ophthalmologist, otolaryngologist).

**Keywords:** physical factors of production, «Questionnaire», medical examination.

Поступила 19.07.2016

### БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ НЕПОЛОВОЗРЕЛЫХ КРЫС ЭКСТРАКТА ИЗ ТАБАЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ СУБХРОНИЧЕСКОМ АЛИМЕНТАРНОМ ПОТРЕБЛЕНИИ

Адамович А.В.<sup>1</sup>, Шевляков В.В.<sup>1</sup>, Римжа Е.А.<sup>2</sup>, Шерстюк Г.В.<sup>2</sup>, Швед И.А.<sup>2</sup>, Юрага Т.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Субхроническое алиментарное потребление неполовозрелыми крысами экстракта из табачных изделий в нарастающей дозе комплекса водорастворимых веществ сопровождалось умеренно выраженной интоксикацией, проявляющейся сдвигами отдельных интегральных, биохимических, гематологических и морфологических показателей организма.

**Ключевые слова:** табакопотребление, биологическое действие, неполовозрелые крысы.

**Введение.** Для многих стран, включая Беларусь, увеличение доли курящих среди подростков и молодежи, а также снижение возраста начала табакокурения является одной из наиболее острых проблем общественного здоровья, которая усугубляется в последние годы развитием зависимости у несовершеннолетней молодежи от употребления жевательного и нюхательного табака [1]. В частности, серьезную озабоченность вызывает активное распространение среди подростков употребления насвая и других подобных некурительных табачных изделий (НТИ — смеси веществ, содержащей табак или табачную пыль), которые часто позиционируются как заменитель сигарет либо как средства отвыкания от курения.

Никотин, являясь психоактивным веществом, довольно быстро вызывает привыкание. Зачастую для становления привычки достаточно нескольких эпизодов курения. Употребление НТИ характеризуется еще более быстрым формированием аддикции, что обусловлено наличием в их составе биологически активных веществ, способствующих лучшему усвоению никотина [1]. В общей сложности в табачных изделиях содержится около 4000 химических веществ, многие из которых (тяжелые металлы, хлороорганические соединения, цианиды, нитрозамины и др.) способны оказывать токсическое действие на различные органы и системы организма. В случае подросткового табакопотребления, учитывая его нерегулярный характер, небольшую продолжительность и постепенное нарастание частоты употребления, нарушения в организме, вызванные воздействием комплекса компонентов табачных изделий, как правило, не отражают физическую зависимость и, вероятно, не носят критический или необратимый характер. Однако комплексное биологическое действие компонентов табачных изделий при алиментарном поступлении в организм, тем более молодого возраста, изучено недостаточно.

**Цель работы** — выявление в модельном эксперименте ранних изменений в организме, индуцируемых длительным алиментарным потреблением водного экстракта из табачных изделий неполовозрелыми белыми крысами.

**Материалы и методы.** Исследования проведены на неполовозрелых белых крысах в соответствии с имеющимися требованиями, рекомендациями и принципами биоэтики. Использованы белые крысы 3–4-недельного возраста с исходной массой 80–95 г без видимых признаков заболевания, охотно поедавшие корм, с гладким и блестящим шерстным покровом.

К настоящему времени разработаны методы, позволяющие в зависимости от целей эксперимента моделировать различные состояния, обусловленные действием никотина, компонентов табака или табачного дыма: от разового воздействия, включая острое отравление, до формирования никотинозависимости с развитием абстинентного синдрома после отмены никотина/табака.

В настоящей работе использована модификация способа, предложенного Е.А. Римжа и В.И. Талапиным [2]: пероральная никотинизация белых крыс в течение 45 сут путем замены воды для питья на водный экстракт из табачных изделий с постепенным возрастанием его концентрации. Избранная модель учитывает такие аспекты потребления табака, как всасывание различных веществ слизистой полости рта и желудочно-кишечного тракта, постепенное увеличение потребляемого количества никотина в результате формирования возрастающей толерантности.

Для приготовления водного экстракта из табачных изделий (ВЭТИ) были использованы сигареты отечественного производства с содержанием никотина 1 мг/на сигарету и смолистых веществ — 11–14 мг/на сигарету. Из разных упаковочных единиц (пачек) составляли среднюю пробу, из которой готовили навески, соответствующие по массе от 1 до 15 сигарет, помещали их в колбу с притертой пробкой, заливали горячей (95°C) дистиллированной водой в объеме 200 см<sup>3</sup>. После экстракции и фильтрации использовали в течение 45 сут полученные ВЭТИ для водопотребления крысами опытной группы (15). Контрольные животные (21) получали водопроводную воду. Моделирование возрастающей толерантности к никотину осуществляли использованием циклами через каждые 7 сут ВЭТИ с более высокой суммарной концентрацией алкалоидов (средняя индивидуальная доза за период эксперимента составила 30 мг/кг массы животного). В данной потребленной дозе никотин не вызывает явления острой интоксикации.

Выведение животных по окончании эксперимента осуществляли путем одномоментной декапитации на фоне тиопенталового наркоза, после чего отбирали биоматериал (кровь, образцы внутренних органов) для дальнейших исследований.

При гематологических исследованиях кондуктометрическим методом на автоматическом анализаторе крови «Medonic SA 620» (Швеция) определяли следующие показатели: гематокрит, количество эритроцитов, ширину распределения и среднечелочный объем эритроцитов, концентрацию гемоглобина, среднечелочный гемоглобин, среднечелочную концентрацию гемоглобина в эритроцитах, количество лейкоцитов и тромбоцитов, тромбоцитокрит, средний объем и дисперсию распределения тромбоцитов, большие тромбоциты. Лейкоцитарную формулу крови подсчитывали микроскопированием окрашенных мазков.

Для биохимического анализа использовали общепринятые методы количественного определения в сыворотке крови следующих показателей: концентрация общего белка (биуретовый метод), мочевины (ферментативный уреазный метод), креатинина (метод Поппера), малонового диальдегида (МДА) (метод с применением тиобарбитуровой кислоты), активность аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспаргатаминотрансферазы (АсАТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) исследовали кинетическим методом.

Для биохимического исследования мочи использовали тест-полоски «EM-Combina 10» (Польша) согласно инструкции.

Для морфологического исследования образцы внутренних органов животных (сердце, печень, селезенка, желудок, почки, легкие, головной мозг) фиксировали в 10% нейтральном формалине в течение 5 сут. Затем материал промывали, обезжировали в спиртах восходящей концентрации, проводили через спирт-хлороформ, хлороформ, хлороформ-парафин и заливали в парафин. Из парафиновых блоков изготавливали срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином, после чего изучение микропрепаратов проводили с помощью светового микроскопа «Leica» (Германия).

Статистическую обработку полученных данных проводили в программе Statistica 8.0 с использованием критерия Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при уровне  $p \leq 0,05$ . В таблицах приведены обобщенные данные, которые представлены в виде медианы и интерквартильного размаха: Me (LQ; UQ).

**Результаты и их обсуждение.** Интегральным показателем токсического эффекта у никотинизированных животных опытной группы являлось установление статистически значимого снижения в динамике эксперимента прибавки в массу тела (рисунок 1). Так, прирост в первые 15 сут у крысят контрольной группы в среднем составил 50% от начальной массы тела, в опытной — 15,3% ( $p < 0,001$ ). По истечении 30 сут затравки прирост массы тела составлял соответственно 94,9 и 44,9% ( $p < 0,001$ ), через 45 сут — 120,3 и 88,0% ( $p = 0,02$ ).

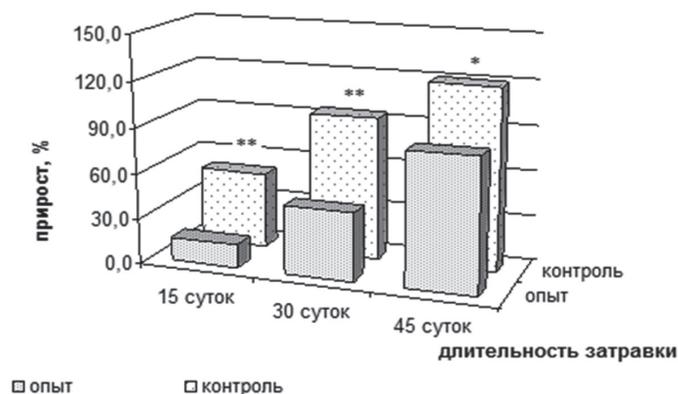


Рисунок 1. — Прирост массы тела экспериментальных животных на разных сроках никотинизации

В течение эксперимента прослеживалась тенденция к уменьшению разницы в приросте массы тела животных контрольной и опытной групп. Эта разница на трех контрольных сроках составила 3,3; 2,1 и 1,4 раза соответственно. Наиболее выраженными различия были по окончании 2 недель эксперимента, что, как известно, является критическим сроком для развития первичной реакции на воздействие какого-либо токсического фактора, в данном случае комплекса ксенобиотиков ВЭТИ. В дальнейшем, не смотря на циклическое увеличение концентрации ВЭТИ, интенсивность прироста массы тела у опытных животных постепенно приближалась к таковой у интактных крыс. Наиболее вероятным объяснением такой динамики является адаптация опытных животных к постоянной алкалоидной нагрузке, а также постепенное развитие толерантности к компонентам экстракта, прежде всего к никотину, как это происходит при формировании никотинозависимости.

Тем не менее значимое отставание в приросте массы тела у опытных молодых крыс, сохраняющееся на протяжении всего эксперимента, свидетельствует о токсическом действии водорастворимых компонентов табачных изделий на растущий организм. В то же время расчетом относительных коэффициентов массы внутренних органов не выявлено статистически значимых отличий у животных опытной и контрольной групп (таблица 1).

Таблица 1. — Коэффициенты масс внутренних органов контрольных и опытных животных по окончании 45-суточного алиментарного потребления экстракта из табачных изделий

Коэффициенты масс внутренних органов	Группы сравнения (Me (LQ; UQ))	
	контрольная группа	опытная группа
Печень	4,12 (3,88; 4,66)	4,25 (4,02; 4,61)
Сердце	0,35 (0,34; 0,36)	0,36 (0,34; 0,41)
Селезенка	0,58 (0,46; 0,67)	0,59 (0,56; 0,64)
Желудок	0,97 (0,85; 1,06)	0,94 (0,91; 0,98)
Легкие	0,87 (0,82; 0,97)	0,78 (0,63; 0,99)
Почки	0,66 (0,63; 0,82)	0,77 (0,71; 0,83)
Надпочечники	0,021 (0,017; 0,029)	0,024 (0,019; 0,029)

Как видно из таблицы 2, основные сдвиги выявлены у опытных крыс со стороны показателей «красного» роста кроветворения: статистически значимо по отношению к контрольной группе снижено в крови количество эритроцитов ( $p = 0,002$ ) на фоне возрастания их среднего объема ( $p = 0,002$ ), снижены концентрация гемоглобина ( $p < 0,001$ ) и средняя концентрация гемоглобина в эритроците ( $p < 0,001$ ). Кроме того, установлено значительно ниже контрольных значений количество тромбоцитов в крови ( $p < 0,001$ ) и связанный с этим показатель тромбоцита ( $p < 0,001$ ).

Таблица 2. — Основные гематологические показатели у контрольных и опытных животных по окончании 45-суточного алиментарного потребления экстракта из табачных изделий

Показатели	Группы сравнения (Ме (LQ; UQ))	
	контрольная группа	опытная группа
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	8,0 (7,0; 8,2)	6,4 (6,2; 6,9)*
Средний объем эритроцита, фл	48,0 (46,0; 49,3)	51,3 (50,2; 52,9)*
Ширина распределения эритроцитов (коэффициент анизотропии), %	15,2 (14,0; 15,9)	15,2 (14,6; 15,9)
Гемоглобин, г/л	136,0 (126,0; 143,0)	115,0 (105,0; 121,0)*
Среднее содержание гемоглобина в эритроцитах, мкг/кл	17,6 (17,2; 18,1)	17,2 (16,9; 17,7)
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	372,0 (363,0; 375,0)	336,5 (334,0; 343,0)*
Гематокрит, %	36,6 (34,0; 38,0)	34,6 (30,8; 35,7)
Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	2,0 (1,0; 3,0)	5,5 (4,0; 6,0)*
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	515,0 (390,0; 635,0)	198,0 (148,0; 360,0)*
Средний объем тромбоцита, фл.	6,5 (6,5; 6,8)	6,7 (6,4; 6,8)
Ширина распределения тромбоцитов, фл.	8,5 (8,4; 8,9)	9,0 (8,6; 9,2)
Тромбокрит, %	0,3 (0,3; 0,4)	0,1 (0,1; 0,2)*
Большие тромбоциты, %	9,1 (8,1; 10,6)	11,2 (9,4; 11,6)
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	4,9 (3,7; 7,0)	6,6 (4,1; 7,1)
Лейкоформула		
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	3,2 (2,3; 4,8)	4,3 (2,7; 6,4)
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0,0 (0,0; 2,0)	0,0 (0,0; 1,0)
Сегментоядерные нейтрофилы, %	19,0 (16,5; 30,0)	31,0 (24,0; 40,0)
Эозинофилы, %	3,0 (2,0; 4,0)	2,0 (0,0; 5,0)
Базофилы, %	0 (0; 0)	0 (0; 0)
Лимфоциты, %	72,5 (60,5; 77,0)	57,0 (55,0; 71,0)
Моноциты, %	2,0 (2,0; 4,0)	2,0 (2,0; 5,0)
Примечание — * — различия статистически значимы (p≤0,01).		

Статистически значимых отклонений в количестве лейкоцитов и лейкоцитарной формуле опытных и контрольных животных не установлено.

В сыворотке крови опытных крысят установлено возрастание на 31,9% по отношению к контролю содержания креатинина (p<0,001) при малоизмененных величинах содержания общего белка и мочевины (таблица 3). Одновременно у опытных животных выявлено возрастание в 1,85 раза активности лактатдегидрогеназы (p = 0,006) и в 1,2 раза содержания малонового диальдегида (p = 0,009) по сравнению с контролем.

Таблица 3. — Изученные биохимические показатели крови интактных и опытных животных по окончании 45-суточной алиментарного потребления экстракта из табачных изделий

Показатели	Группы сравнения (Ме (LQ; UQ))	
	контрольная группа	опытная группа
Общий белок, г/л	66,7 (60,8; 70,2)	67,0 (66,3; 69,7)
Мочевина, ммоль/л	7,7 (5,9; 8,8)	7,1 (6,1; 8,4)
Креатинин, мкмоль/л	46,4 (43,4; 51,5)	61,2 (57,2; 68,2)*
АлАТ, Е/л	76,8 (72,1; 95,5)	74,8 (71,2; 89,6)
АсАТ, Е/л	243,6 (187,7; 281,7)	258,5 (237,5; 279,0)
ЛДГ, Е/л	2516,1 (2009,5; 2715,5)	4661,5 (2443,0; 5151,0)*
МДА, мкмоль/л	7,5 (7,2; 7,7)	9,1 (8,8; 9,9)*
Примечание — * — различия статистически значимы (p≤0,01).		

Полученные результаты свидетельствуют о токсическом действии водорастворимого комплекса компонентов табачных изделий при длительном энтеральном поступлении в организм молодых животных. Так, известно, что ряд соединений, содержащихся в табачных изделиях (тяжелые металлы, токсины растительного происхождения, нитробензол, хлорорганиче-

ские соединения и др.), могут вызывать токсическое повреждение мембраны эритроцитов, приводя к их преждевременному гемолизу и, как следствие, снижению их количества в кровяном русле вплоть до развития анемии [3, 4].

Усиление процессов перекисного окисления липидов, о котором свидетельствует увеличение концентрации малонового диальдегида, также могло внести дополнительный вклад в дестабилизацию мембран клеток (в т. ч. клеток крови). Это может быть обусловлено как действием никотина (за счет дестабилизации продукции гидроперекисей липопротеинов низкой плотности и образования вторичных окислительных продуктов), так и влиянием других компонентов сигаретных изделий (например, гидроксикиноновых радикалов твердой фазы смол, ответственных за образование супероксидного и гидроксильного радикалов) [5].

Снижение содержания эритроцитов в крови опытных животных, вероятнее всего, является одной из причин увеличения скорости оседания эритроцитов, отмеченного у никотинизированных животных ( $p = 0,002$ ).

В то же время выявленные изменения гемограммы могут быть не только следствием прямого/непосредственного токсического действия компонентов табачных изделий, но и изменяться опосредованно, являясь маркерами функциональных нарушений отдельных органов. Так, снижение таких показателей как гемоглобин, количество тромбоцитов, повышение СОЭ, а также активности лактатдегидрогеназы указывает на нарушение функций печени как основного органа, обеспечивающего метаболизм и детоксикацию токсических веществ, в т. ч. содержащихся в табаке. На функциональное нарушение мочевыделительной системы у опытных животных указывает увеличение уровня креатинина в крови на фоне возрастания содержания в моче белка у 75% опытных крысят до 300 мг/л и выявление кетонов (0,5 ммоль/л).

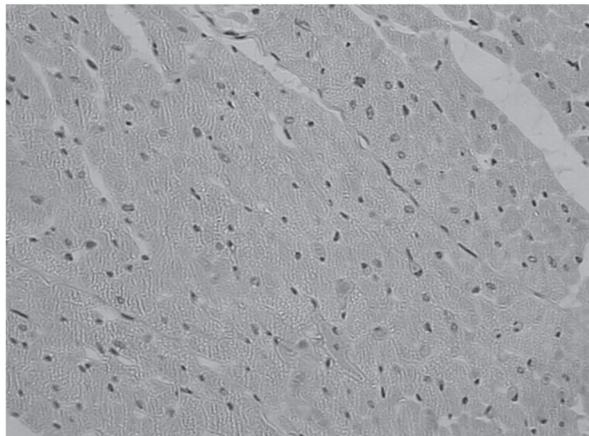
Предположения об морфофункциональных изменениях отдельных органов, выдвинутые на основании анализа гематологических и биохимических маркеров, были подтверждены в ходе патоморфологических исследований.

Визуальный анализ состояния внутренних органов при вскрытии не выявил каких-либо значимых изменений тканей или органов у опытных животных. Однако гистологическими исследованиями у животных опытной группы были выявлены некоторые структурные изменения внутренних органов.

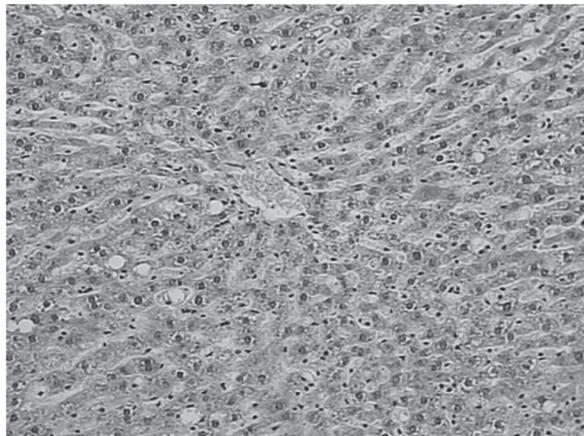
Так, при изучении микропрепаратов сердца наблюдались начальные изменения в структуре миокарда. Хотя в целом морфологическая картина миокарда никотинизированных животных сходна с таковой в контрольных образцах, была отмечена очаговая зернистая дистрофия кардиомиоцитов (рисунок 2а).

В микросрезах печени выявлены признаки умеренного нарушения ее структуры: очаговая дисконкомплексация балок с нарушением их радиального хода, изменение формы гепатоцитов (чаще всего клетки неправильной многоугольной формы). Помимо этого отмечена диффузно-очаговая зернистая и очаговая жировая дистрофия печеночных клеток (рисунок 2б), а также коагуляционный некроз единичных гепатоцитов с перифокальной воспалительной инфильтрацией.

Отдельные морфологические изменения имели место и при изучении микропрепаратов желудка, легких, почек и головного мозга опытных крыс. В частности, при сохранении нормального послойного строения стенки желудка, заметно очаговое усиление десквамации поверхностного эпителия, мукоидизация желез собственной пластинки слизистой оболочки тела желудка.



а) зернистая дистрофия кардиомиоцитов, ув.400



б) зернистая дистрофия клеток печени, ув.200

**Рисунок 2. — Морфологические изменения в органах крыс после 45-суточной никотинизации**

При исследовании срезов легких опытных животных выявлены скопления макрофагов с пенистой оптически светлой цитоплазмой и единичные десквамированные альвеолоциты в просветах отдельных альвеол.

К негативным изменениям в почках следует отнести очаговую зернистую дистрофию нефротелия проксимальных и дистальных канальцев; в просветах отдельных канальцев были отмечены гиалиновые цилиндры.

На препаратах головного мозга основная масса нейронов сохраняла нормальное строение: клетки карихромные, с крупным центрально расположенным ядром, содержащим ядрышко и мелкие глыбки хроматина, и узким ободком цитоплазмы с небольшим количеством вещества Ниссля. Вместе с тем наблюдали набухание нервных клеток коры больших полушарий головного мозга с некрозом единичных нейронов по типу образования «клеток-теней».

Из результатов морфологического анализа следует, что длительное алиментарное потребление неполовозрелыми крысами ВЭТИ привело к формированию патологических изменений практически во всех исследованных органах, но глубина выявленных повреждений была неодинакова в разных органах (наибольшая — в печени) и в основном носила слабый или умеренно выраженный характер.

**Заключение.** Полученные экспериментальные данные позволяют сделать следующие выводы:

- водорастворимые компоненты табачных изделий даже в невысоких дозах при субхроническом алиментарном поступлении в организм молодых неполовозрелых животных оказывают токсическое действие, которое проявлялось снижением прироста массы тела опытных животных, изменением ряда биохимических и гематологических показателей, а также морфологической структуры органов и тканей;
- табакопотребление как в курительной, так и в жевательной формах опасно для здоровья подрастающего поколения;
- преимущественно установленный в эксперименте у молодых крыс при длительном алиментарном потреблении ими экстракта из табачных изделий умеренный характер морфофункциональных нарушений позволяет предположить, что они не являются показателем критических метаболических нарушений либо необратимых патологических процессов, что создает предпосылки для возможности их своевременной первичной и вторичной медицинской профилактики.

#### Литература

1. Белорусские медики обеспокоены проблемой употребления молодежью некурительного табака и спайса (по материалам пресс-конференции главного нарколога Министерства здравоохранения Иван Коноразова, 19.11.2013) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://belapan.com/archive/2013/11/19/663255/>. — Дата доступа: 21.01.2016.
2. Пат. ВУ 5481, МКИ7 G 09B 23/28. Способ моделирования никотинозависимости у животных / Е.А. Римжа, В.И. Талапин; заявитель и патентообладатель ГУ НИИСиГ // Афіц. бюл.: вынаходніцтвы, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры. — 2003. — № 3. — С. 226.
3. Влияние ионов тяжелых металлов на мембранную устойчивость эритроцитов в норме и при различной патологии организма / Н.К. Кочарли [и др.] // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 1. — С. 299–303.
4. Семина, Е.С. К вопросу об отравлении нитробензолом (по данным литературных источников) / Е.С. Семина, С.В. Семин // Избр. вопр. судеб.-мед. экспертизы. — 2007. — № 81. — С. 115–117.
5. Девина, Э.А. Влияние сигаретного дыма на компоненты оксидантно-антиоксидантной системы в альвеолярных макрофагах / Э.А. Девина, Т.Ю. Принькова, А.Д. Таганович // Лаб. диагностика. — 2010. — № 1. — С. 10–14.

### BIOLOGICAL EFFECTS OF TOBACCO EXTRACT ON IMMATURE RATS ORGANISM AT SUBCHRONIC NUTRITIONAL CONSUMPTION

*Adamovich A.V.<sup>1</sup>, Shevlyakov V.V.<sup>1</sup>, Rimzha E.A.<sup>2</sup>, Sherstyuk G.V.<sup>2</sup>, Shwed I.A.<sup>2</sup>, Yuraha T.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus

The subchronic nutritional consumption by immature rats of tobacco extract in increasing doses of the water-soluble substances complex was accompanied by a moderate intoxication, manifested by shifts of certain integral, biochemical, hematological and morphological parameters of the organism.

**Keywords:** tobacco use, biological action, immature rats.

Поступила 05.08.2016

### АЛЛЕРГЕННЫЕ И ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСИ ФОРМАЛЬДЕГИДА И СТИРОЛА

*Богданов Р.В., Соболев Ю.А., Эрм Г.И.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье приведены результаты исследований аллергенного и иммунотоксического действия на организм животных изолированного и комбинированного действия формальдегида и стирола в опытах на белых крысах при субхроническом ингаляционном воздействии.

В результате экспериментов установлено, что комбинированное действие на организм изученных гаптенных характеризуется потенцированием неспецифического аллергического и иммунотоксического эффектов стирола более сильным аллергеном формальдегидом, что обуславливает повышение аллергенной опасности поражения организма при их одновременном присутствии в воздухе.

**Ключевые слова:** формальдегид, стирол, комбинированное действие.

**Введение.** Проблема комбинированного действия химических веществ является одной из наиболее сложных проблем гигиены.

Учитывая многокомпонентный характер веществ, мигрирующих в процессе производственного цикла на предприятиях, низкие действующие дозы и концентрации, отсутствие удовлетворительных методов оценки комбинированного действия химических смесей сложного состава, проблема еще далека от своего рационального решения и требует дальнейшего изучения [1, 4].

Наряду с исследованиями, непосредственно направленными на установление основного характера комбинированного действия изучаемых химических веществ по общетоксическим эффектам, необходимо проводить оценку специфического аллергенного и иммунотоксического действия на организм животных изучаемой комбинации ксенобиотиков.

**Цель работы** — оценка особенностей аллергенного и иммунотоксического действия смеси формальдегида и стирола по сравнению с их изолированным действием в условиях ингаляционного воздействия.

**Материалы и методы.** Объектом настоящего исследования являлись формальдегид, стирол и их бинарная смесь.

В модельных экспериментах изучены особенности комбинированного действия формальдегида и стирола на организм белых крыс при субхроническом ингаляционном воздействии в течение 1 мес.

Исследования проводились в соответствии с требованиями методических указаний по изучению комбинированного действия химических веществ, в концентрациях на уровне порога хронического действия [2–4]. Лабораторные животные были разделены на 4 группы по 12 особей: контрольная группа, 1-я опытная группа, которая подвергалась воздействию фор-

мальдегида в концентрации  $5,1 \pm 0,3$  мг/м<sup>3</sup>, 2-я опытная группа, которая подвергалась воздействию стирола в концентрации  $50,2 \pm 1,9$  мг/м<sup>3</sup>, 3-я опытная группа, которая подвергалась воздействию бинарной смеси изучаемых веществ в соответствующих концентрациях.

Оценку специфического аллергенного действия на организм животных при комбинированном воздействии формальдегида и стирола проводили методами аллергодиагностики *in vivo* и *in vitro*, позволивших установить механизмы формирования четырех типов аллергических реакций иммунного ответа [5, 6].

Для выявления гиперчувствительности замедленного типа осуществляли постановку провокационного внутрикожного теста опухания лапы (ВТОЛ) белых крыс. Изучаемые вещества вводили внутрикожно опытному и контрольному животному на уровне 257 мкг/жив. в объеме 0,06 мл, не вызывающей раздражающего действия на ткани и клетки. Толщину лапы животных измеряли до введения и через 24 ч после него с помощью электронного микрометра. В качестве иммуноаллергологических методов использовали реакцию специфического лизиса лейкоцитов (РСЛЛ), простую и специфическую реакцию восстановления нейтрофилами нитросиногетразолия при их стимуляции аллергеном (НСТ и РСНСТ), непрямую реакцию дегрануляции тучных клеток (РНДТК), концентрацию циркулирующих иммунокомплексов в сыворотке крови (ЦИК), бактерицидную активность сыворотки крови (БАСК).

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием пакета программ Excel 2010, Statistica 8.0. При межгрупповом сравнении величин тестов в контрольной и опытной группах использовали непараметрический критерий Х Ван дер Вардена, который учитывает различия по частоте проявлений и величинам показателей у отдельных животных, кроме того для определения статистически значимых изменений применяли параметрический критерий t Стьюдента.

Эксперименты с животными проводились с соблюдением Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в эксперименте (1986).

**Результаты и их обсуждение.** На протяжении опыта внешних признаков интоксикации и гибели животных не отмечалось.

При оценке аллергенного и иммунотоксического действия на организм формальдегида, стирола и их комбинации в субхроническом эксперименте установлено, что у животных 1-й опытной группы, подвергавшихся ингаляционному воздействию только формальдегида, формируется выраженный гипериммунный ответ замедленного типа — абсолютный показатель внутрикожного теста опухания лапы (ВТОЛ) на провокационную пробу с формальдегидом в дозе 257 мкг на 44,7% превышал значение контрольной группы ( $4,74 \pm 0,83$ ;  $p < 0,001$ ). При этом относительный интегральный показатель ВТОЛ в опыте в среднем составлял  $1,75 \pm 0,22$  балла (в контроле 0, критерий  $X = 8,74$ ;  $p < 0,01$ ), а положительные кожные реакции с интенсивностью 1–3 балла регистрировались у 100% опытных животных (у 12 из 12).

У животных 2-й опытной группы на изолированное воздействие стирола у 11 из 12 белых крыс установлены на провокационную пробу положительные кожные реакции выраженностью в 1 балл, а средние уровни абсолютного ( $14,03 \pm 0,86$ ) и относительного ( $0,91 \pm 0,08$  балла) показателей ВТОЛ существенно превышали таковые в контрольной группе (соответственно  $4,23 \pm 0,95$  и 0 баллов,  $X = 8,02$ ;  $P < 0,01$ ). Это свидетельствует о достаточно высоком уровне сенсибилизации организма опытных животных к стиrolу.

На комбинированное ингаляционное воздействие формальдегида и стирола у животных 3-й опытной группы выявлено индуцирование в организме более высокого уровня гиперчувствительности замедленного типа. Обращает внимание, если при тестировании формальдегидом наблюдалась лишь тенденция к увеличению абсолютного и относительного показателя ВТОЛ по отношению к животным 1-й опытной группы (соответственно на 11,5 и 11,9%,  $p < 0,1$ ), то на провокационную пробу со стиrolом абсолютный и интегральный показатели ВТОЛ статистически значимо превышали таковые у животных 2-й опытной группы соответственно на 13,1 и 11,0% ( $t = 2,74 - 2,23$ ;  $p < 0,05$ ).

Следовательно, ингаляционное воздействие смеси формальдегида и стирола сопровождается потенцированием аллергенного эффекта стирола более сильным гаптеном формальдегидом и в целом аллергенное действие смеси этих химических веществ усиливается, а аллергенная опасность поражения организма существенно возрастает.

В организме на воздействие формальдегида происходит формирование механизмов аллергической реакции по комплемент зависимому цитотоксическому типу, о чем свидетельствует тенденция к возрастанию уровня специфического лейколизиса на тест-аллерген формальдегид по сравнению с контролем на 16,9% при одновременном статистически значимом возрастании комплементарной активности сыворотки крови на 18,9% ( $p < 0,01$ ). На комбинированное действие формальдегида и стирола интенсивность аллергического процесса комплемент зависимого цитотоксического типа в организме белых крыс была наибольшей, особенно по значительному возрастанию активности комплемента, при этом менее выражено развитие такого типа аллергических реакций у животных 2-й опытной группы.

Концентрация в сыворотке крови животных опытных групп ЦИК была выше, чем в контрольной, причем во 2 и 3-й опытных группах их содержание соответственно на 15,0 ( $p < 0,05$ ) и 16,3% ( $p < 0,1$ ) превышало контрольный уровень. Данный факт косвенно свидетельствует о формировании в организме опытных животных механизмов аллергических реакций иммунокомплексного типа.

В то же время уровни РДТК при их стимуляции соответствующими гаптенами, отражающей в организме процессы анафилактического типа аллергических реакций, у животных всех трех опытных групп были ниже по отношению к контролю. По-видимому, ингаляционное воздействие формальдегида и стирола запускает в организме опытных животных преимущественно механизмы переключения «хелперной» иммунорегуляции с Th2 на Th1 гипериммунный ответ с активацией клеточноопосредованных и угнетением немедленных антителообусловленных аллергических процессов. Об этом свидетельствуют и выраженные кожные провокационные реакции гиперчувствительности замедленного типа и существенное снижение в сыворотке крови опытных животных содержания иммуноглобулинов всех классов, особенно при комбинированном действии. Не исключено, что в испытанных концентрациях формальдегид и стиrol оказывают и иммунотоксическое действие в основном на В-лимфоциты, что сопровождается угнетением синтеза ими иммуноглобулинов.

У животных 1 и 2-й опытных групп индексы РСНСТ при их предварительной инкубации *in vitro* с соответствующими аллергенами формальдегидом и стиrolом в дозах, не оказывающих неспецифическое действие на интактные клетки, были

существенно ниже (соответственно  $p < 0,05$  и  $p < 0,001$ ), чем в контрольной группе. Вероятно, изолированное ингаляционное воздействие этих гаптенов на организм белых крыс приводит к преобладающему ингибирующему влиянию на формирование специфических мембранных рецепторов гранулоцитов как проявление иммунотоксического действия. Тогда как стимуляция гранулоцитов крови животных 3-й опытной групп смесью формальдегида и стирола сопровождалась значительным возрастанием в них специфического уровня продукции кислородных радикалов по отношению к контролю ( $p < 0,01$ ), что свидетельствует о высокой степени сенсibilизации гранулоцитов к воздействующей на организм комбинации гаптенов.

Оценкой функциональной фагоцитарной способности гранулоцитов крови по выраженности и направленности продукции ими активных форм кислорода в НСТ-тесте показано отсутствие значимых различий исходных состояний этой способности у животных всех трех опытных групп. Установлено неспецифическое активирующее влияние на этот процесс изолированного ингаляционного воздействия стирола, поскольку у животных 2-й опытной группы установлено достоверное возрастание по отношению и к контролю (на 13,6%,  $p < 0,05$ ) и особенно к 1-й опытной группе животных (на 14,3%,  $p < 0,01$ ) уровня кислородного метаболизма в гранулоцитах крови при их стимуляции известным индуктором «кислородного взрыва» в фагоцитах крови опсонизированным зимозаном. Это отразилось и на более высоком уровне индекса стимуляции гранулоцитов у животных 2-й опытной группы, и на более высоком показателе величины фагоцитарного резерва ( $p < 0,1$ ).

По-видимому, активирующая иммуномодуляция стирола в отношении кислородного метаболизма фагоцитов отразилась и на статистической тенденции к повышению стимулированной зимозаном продукции активных форм кислорода гранулоцитами крови у животных 3-й опытной группы, уровень которой был выше по сравнению с животными контрольной и 1-й опытной групп. Причем следует учитывать, что исходный спонтанный уровень генерации в фагоцитах кислородных радикалов у животных 3-й опытной группы был незначительно, но ниже, чем в группах сравнения.

Интегральным отражением состояния иммунной системы организма является содержание в сыворотке крови основных классов иммуноглобулинов. На воздействие формальдегида у опытных животных их содержание в отношении контроля изменилось незначительно, тогда как в группе животных на ингаляцию стирола концентрации в сыворотке крови IgM и особенно IgG были существенно снижены по сравнению с контролем соответственно на 28,6 и 35,3% ( $p < 0,05$ ). Еще более выраженное угнетение синтеза антител установлено у животных 3-й опытной группы на комбинированное воздействие формальдегида и стирола, у которых содержание в сыворотке крови всех основных классов иммуноглобулинов было значительно ниже, чем в контрольной (более чем в 2 раза,  $p < 0,001$ ) и 1-й опытной группах, что свидетельствует об ингибирующем иммунотоксическом действии стирола и его комбинации на В-клеточное звено иммунитета.

При ингаляционной заправке белых крыс комбинацией формальдегида и стирола выявлено повышение уровня содержания в сыворотке крови лизоцима и тенденция к возрастанию интегрального гуморального показателя неспецифической антимикробной защиты сыворотки крови — БАСК по отношению к контрольной группе животных при действии стирола, что указывает на иммуномодулирующее неспецифическое действие смесевой композиции и стирола, входящего в ее состав.

**Заключение.** В результате исследований установлено:

1. Изолированное субхроническое ингаляционное воздействие формальдегида и стирола в концентрациях  $5,1 \pm 0,3$  и  $50,2 \pm 1,9$  мг/м<sup>3</sup> соответственно сопровождается формированием в организме белых крыс механизмов клеточно-опосредованного, иммунокомплексного и комплементзависимого типов аллергических реакций со значительным преобладанием гиперчувствительности замедленного типа и угнетением немедленного анафилактического типа. Причем аллергическое действие более выражено на гаптен формальдегид.

2. Развитие аллергического процесса в организме животных на изолированное ингаляционное поступление формальдегида и стирола сопровождается иммунотоксическим действием, в основном на стирол, проявляющийся неспецифической активацией продукции в гранулоцитах крови активных форм кислорода при их стимуляции опсонизированным зимозаном, угнетением синтеза иммуноглобулинов, особенно классов М и G, активирующей иммуномодулирующей в отношении повышения уровня гуморального показателя неспецифической бактерицидной функции сыворотки крови.

3. Комбинированное ингаляционное воздействие бинарной смеси формальдегида и стирола приводило к существенному возрастанию в организме опытных животных интенсивности аллергических процессов, особенно в отношении стирола, сопровождаемых одновременно и усилением проявлений иммунотоксического действия.

4. Комбинированное действие на организм изученных гаптенов характеризуется потенцированием неспецифического иммунотоксического и аллергического эффектов стирола более сильным аллергеном формальдегидом, что обуславливает повышение аллергенной опасности поражения организма при их одновременном присутствии в воздушной среде и определяет необходимость учета характера потенцирующего вредного действия при их гигиенической регламентации.

#### Литература

1. Курляндский, Б.А. Комбинированное действие химических веществ / Б.А. Курляндский // Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. — М., 2002. — С. 497–520.
2. Методические рекомендации № 4050-85. Постановка экспериментальных исследований по изучению характера комбинированного действия химических веществ с целью разработки профилактических мероприятий: утв. МЗ СССР 06.12.1985. — М., 1987. — 47 с.
3. Методы определения токсичности и опасности химических веществ / Под ред. И.В. Санюцкого. — М.: Медицина, 1970. — 343 с.
4. Нагорный, П.А. Комбинированное действие химических веществ и методы его гигиенического изучения / П.А. Нагорный. — М.: Медицина, 1984. — С. 5–20.
5. Требования к постановке токсиколого-аллергологических исследований при гигиеническом нормировании белоксодержащих аэрозолей в воздухе рабочей зоны: метод. указания № 11-11-10-2002 // Сб. офиц. док. по медицине труда и производственной санитарии / М-во здравоохран. РБ. — Минск, 2004. — Ч. XIV. — С. 4–49.
6. Требования к постановке экспериментальных исследований по изучению аллергенных свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы: метод. указания № 1.1.11-12-5-2003 // Сб. офиц. док. по медицине труда и производственной санитарии / М-во здравоохран. РБ. — Минск, 2004. — Ч. XIV. — С. 133–156.

## ALLERGENIC AND IMMUNOTOXIC PROPERTIES OF THE MIXTURE OF FORMALDEHYDE AND STYRENE

*Bogdanov R.V., Sobol Y.A., Erm G.I.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The research results of allergenic and immunotoxic effect of isolated and combined formaldehyde and styrene action on the organism of animals in the experiments on white rats with subchronic inhalation have been analyzed in the article.

The experiments reveal that the combined effect of studied haptens on the organism is characterized by the potentiation of nonspecific allergic and immunotoxic effects of styrene by the more severe allergen of formaldehyde, which causes an increase of allergenic risk for the organism in their simultaneous presence in the air.

**Keywords:** formaldehyde, styrene, combined action.

Поступила 12.07.2016

### ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ФОРМАЛЬДЕГИД-СТИРОЛЬНОЙ СМЕСИ В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

*Богданов Р.В.<sup>1</sup>, Герасимович А.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье приведены результаты исследований биохимических и морфологических показателей белых крыс при ингаляционной заправке формальдегидом, стиролом и их смесью в условиях 4-месячного эксперимента на уровне 0,5 порога хронического действия. Показано усиление токсических эффектов при действии смеси по сравнению с изолированным воздействием ее компонентов. Результаты биохимических исследований свидетельствуют о нарушении антиоксидантной системы защиты организма и функционального состояния печени, что подтверждается морфологическими данными. В трахее и легких обнаружены более заметные деструктивные и воспалительные изменения. В печени выявлена слабая избирательная микровезикулярная жировая дистрофия гепатоцитов перипортальных зон.

**Ключевые слова:** формальдегид, стирол, комбинированное действие.

**Введение.** В воздухе рабочей зоны производственных помещений в зависимости от характера технологического процесса обнаруживаются, как правило, несколько химических соединений, суммарное воздействие которых на организм определяет их токсическое действие [2, 3]. К числу распространенных загрязнителей воздушной среды промышленных предприятий относятся формальдегид и стирол, а характер их комбинированного действия не изучен.

При гигиенической регламентации вредных химических веществ обязательным условием является проведение хронического эксперимента с изучением структурно-функциональных изменений в организме животных [4–6].

**Цель работы** — определение эффектов биологического действия бинарной смеси формальдегида и стирола на организм белых крыс при 4-месячной ингаляционной заправке.

**Материалы и методы.** Характер токсического действия смеси и ее компонентов изучали в хроническом эксперименте при ингаляционном воздействии. При этом средневзвешенная концентрация изучаемых веществ в воздухе затравочных камер находилась на уровне 0,5 Limchг, что для формальдегида составляло  $2,5 \pm 0,2$  мг/м<sup>3</sup>, а для стирола —  $25,3 \pm 1,9$  мг/м<sup>3</sup>. Контроль концентрации формальдегида и стирола проводили методом газовой хроматографии.

На протяжении эксперимента проводили клиническое наблюдение за состоянием лабораторных животных. По окончании исследований осуществляли забор биоматериала для определения ряда биохимических показателей и морфологических исследований.

Выполнен анализ гистологических препаратов, изготовленных из органов крыс контрольной и опытных групп (трахея, легкие, головной мозг, печень, надпочечники, сердце, почки, селезенка, пищевод). Экспериментальный материал фиксировался в 10% растворе формалина в течение 72 ч. Гистологическая обработка проводилась на оборудовании фирмы Leica с окрашиванием срезов по стандартной методике гематоксилином и эозином [1].

Патоморфологические изменения оценивались по визуально-аналоговой шкале от 0 до 4 баллов (0 баллов — отсутствие признака; 1 балл — минимальная степень его выраженности; 2 балла — слабовыраженные изменения; 3 балла — умеренная степень выраженности признака; 4 балла — высокая степень) [7].

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием пакета программ Statistica 8.0. Эксперименты с животными проводились с соблюдением положений Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в экспериментах (1986).

**Результаты и их обсуждение.** Хроническое ингаляционное воздействие формальдегида, стирола и их смеси в концентрациях на уровне 0,5 limchг не вызвало внешних признаков интоксикации и гибели животных.

При изучении биохимических показателей сыворотки крови установлено, что комбинация формальдегида и стирола вызвала статистически значимые изменения ферментов, характеризующих состояние антиоксидантной системы организма: увеличение активности глутатионтрансферазы на 16,4% и содержания супероксиддисмутазы на 47,8% на фоне снижения активности глутатионредуктазы на 30,4%. Длительная ингаляционная заправка формальдегид-стирольной смесью активизирует процессы углеводного обмена, о чем свидетельствует увеличение активности лактатдегидрогеназы на 8,7% ( $p < 0,05$ ) и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы — на 6,9% ( $p < 0,05$ ).

Наиболее разнообразные гистологические изменения по сравнению с другими органами выявлены в легких белых крыс, выраженность которых зависела от вида токсиканта. В стенках как крупных, так и мелких бронхов определялась лимфоидная инфильтрация вплоть до формирования лимфоидных фолликулов с герминативными центрами, причем при воздействии стирола и смеси плотность инфильтрата значительно выше, а также большее количество фолликулов с реактивными изменениями в них (рисунки 1, 2).

В межальвеолярных перегородках (МАП) обнаружены очаги и поля воспалительной круглоклеточной (лимфоидно-гистиоцитарной) инфильтрации с примесью сегментоядерных лейкоцитов (нейтрофилов и эозинофилов) и ксантомных клеток. При воздействии стирола и смеси распространенность и плотность инфильтрата становилась выше, а примесь сегментоядерных лейкоцитов и макрофагов значительнее (таблица 1).

Суммарная оценка признаков патоморфологических изменений в легких по визуально-аналоговой шкале оказалась наивысшей (17 баллов) при затравке формальдегид-стирольной смесью, а при воздействии стирола и формальдегида — 15 и 10 баллов соответственно.

Таблица 1. — Сравнительная характеристика патоморфологических изменений в легких белых крыс

Признак	Количество баллов			
	контроль	формальдегид	стирол	формальдегид + стирол
Лимфоидная инфильтрация в стенках бронхов	0	3	3	4
Лимфоидные фолликулы в стенках бронхов	0	2	4	4
Воспалительная инфильтрация в МАП	0	2	3	3
Сегментоядерные лейкоциты в инфильтратах МАП	0	1	2	2
Макрофаги в инфильтратах МАП	0	1	2	2
Дистелектазы	0	1	1	2
Сумма баллов	0	10	15	17

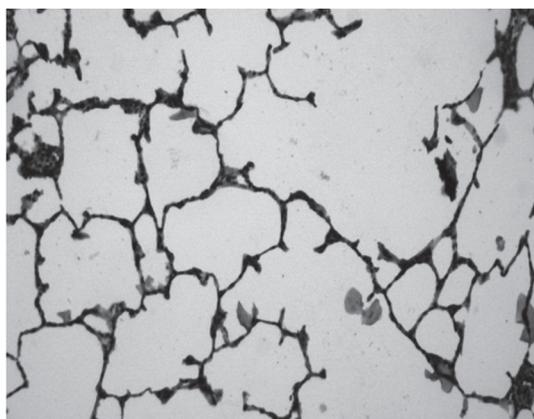


Рисунок 1. — Легкие в контрольной группе. Окраска гематоксилином и эозином (x200)

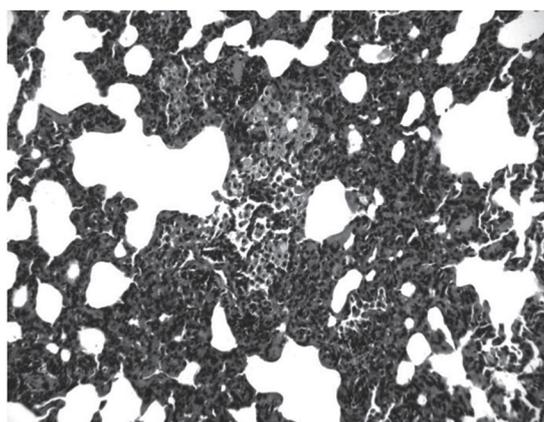


Рисунок 2. — Патоморфологические изменения в легких при воздействии формальдегида и стирола: заметная межочечная воспалительная инфильтрация с расширением МАП. Окраска гематоксилином и эозином (x200)

В трахее крыс подопытных групп выявлена воспалительная лимфоидноклеточная инфильтрация в собственной пластинке слизистой местами с формированием мелких лимфоидных фолликулов в стенке без реактивных герминативных центров (таблица 2, рисунки 3, 4).

Суммарная оценка признаков патоморфологических изменений в трахее оказалась наивысшей (7 баллов) при воздействии смеси, а при затравке стиролом и формальдегидом — 5 и 2 балла соответственно.

Таблица 2. — Сравнительная характеристика патоморфологических изменений в трахее белых крыс

Признак	Количество баллов			
	контроль	формальдегид	стирол	формальдегид + стирол
Лимфоидная инфильтрация в собственной пластинке слизистой	0	1	3	4
Лимфоидные фолликулы в стенке	0	1	2	3
Сумма баллов	0	2	5	7

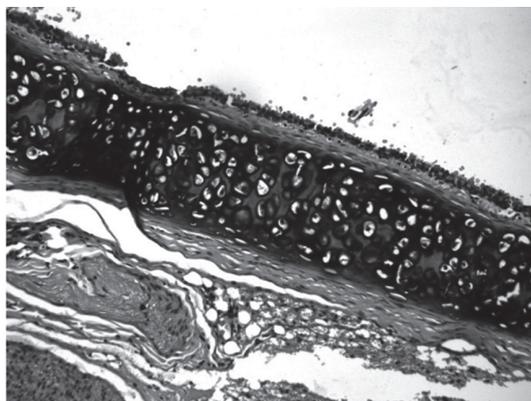


Рисунок 3. — Трахея в контрольной группе. Окраска гематоксилином и эозином (x200)

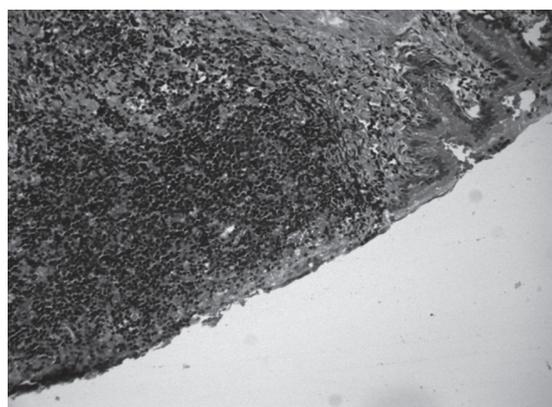


Рисунок 4. — Лимфоидная инфильтрация в собственной пластинке слизистой и лимфоидные фолликулы в стенке трахеи при воздействии формальдегида и стирола. Окраска гематоксилином и эозином (x200)

В печени крыс определялись неспецифические признаки повреждения в виде микровезикулярной жировой и зернистой белковой дистрофии гепатоцитов, главным образом перипортальной зоны печеночных долек (таблица 3, рисунки 5, 6).

Суммарная оценка признаков патоморфологических изменений в печени наивысшая (5 баллов) при воздействии смеси, при действии стирола и формальдегида — 3 и 4 балла соответственно.

Светооптически заметных изменений со стороны других органов не выявлено.

Таблица 3. — Сравнительная характеристика патоморфологических изменений в печени белых крыс

Признак	Количество баллов			
	контроль	формальдегид	стирол	формальдегид + стирол
Зернистая белковая дистрофия гепатоцитов	0	3	2	3
Микровезикулярная жировая дистрофия	0	1	1	2
Сумма баллов	0	4	3	5

**Заключение.** При хронической ингаляционной заправке белых крыс формальдегидом, стиролом и их смесью в концентрациях на уровне 0,5 порогов хронического действия каждого из компонентов по изменениям морфологических и биохимических показателей обнаружено усиление токсических эффектов при действии смеси по сравнению с их изолированным воздействием. При этом более выраженные патоморфологические изменения в виде деструктивных и воспалительных процессов обнаружены в легких и трахее. Результаты биохимических исследований свидетельствуют о нарушении антиоксидантной системы защиты организма и функционального состояния печени. Структурные изменения печени заключались в избирательной микровезикулярной жировой дистрофии гепатоцитов преимущественно перипортальных зон, что может быть вызвано как интоксикацией, так и гипоксией, связанной с поражением органов дыхания.

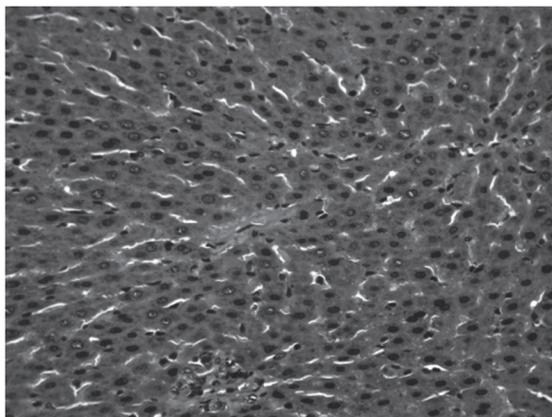


Рисунок 5. — Печень в контрольной группе. Окраска гематоксилином и эозином (x400)

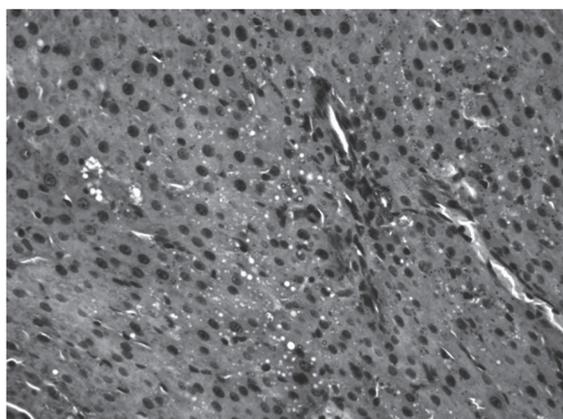


Рисунок 6. — Микровезикулярная жировая дистрофия гепатоцитов при воздействии формальдегида и стирола. Окраска гематоксилином и эозином (x400)

#### Литература

1. Волкова, О.В. Основы гистологии с гистологической техникой / О.В. Волкова, Ю.К. Елецкий. — М.: Медицина, 1982. — 304 с.
2. Курляндский, Б.А. Комбинированное действие химических веществ / Б.А. Курляндский, В.А. Филлов; под ред. Б.А. Курляндского // Общая токсикология. — М., 2002. — С. 497–520.
3. Кустов, В.В. Комбинированное действие промышленных ядов / В.В. Кустов, Л.А. Тиунов, Г.А. Васильев. — М.: Медицина, 1975. — 256 с.
4. Методы определения токсичности и опасности химических веществ / Под ред. И.В. Саноцкого. — М.: Медицина, 1970. — 343 с.
5. Нагорный, П.А. Комбинированное действие химических веществ и методы его гигиенического изучения / П.А. Нагорный. — М.: Медицина, 1984. — С. 5–20.
6. Постановка экспериментальных исследований по изучению характера комбинированного действия химических веществ с целью разработки профилактических мероприятий: метод. рекомендации № 4050-85: утв. МЗ СССР 06.12.1985. — М., 1987. — 47 с.
7. Burt, A. MacSween's pathology of the liver / A. Burt, B. Portmann, L. Ferrell. — 6 ed. — NY: ELSEVIER, 2012. — P. 37–38.

### BIOLOGICAL EFFECTS FROM EXPOSURE TO THE MIXTURE OF FORMALDEHYDE AND STYRENE IN THE CHRONIC EXPERIMENT

*Bogdanov R.V.<sup>1</sup>, Gerasimovich A.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus

The results of studies of biochemical and morphological parameters of white rats at inhalation exposure to formaldehyde, styrene and their mixtures in a 4-month experiment at 0.5 threshold of chronic action that indicate a strengthening of the toxic effects of the action of the mixture compared with the isolated components effect. More pronounced pathological changes in the form of destructive processes are recorded in the trachea and lungs. Biochemical studies reveal a damage of the functional state of the liver, as evidenced by morphological data.

**Keywords:** formaldehyde, styrene, combined effect.

Поступила 19.07.2016

## ТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ШЛАМОВ НА МОЛЛЮСКА *LYMNAEA STAGNALIS* L.

Борис О.А.<sup>1</sup>, Ильюкова И.И.<sup>1</sup>, Шевцова С.Н.<sup>2</sup>, Мартынов В.В.<sup>3</sup>,

Поликарпова Л.В.<sup>3</sup>, Дроганова Т.С.<sup>3</sup>, Петрова С.Ю.<sup>1</sup>, Гомолко Т.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области  
«Московский государственный областной университет», Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Изучены токсические эффекты от воздействия отходов производства — смеси гальванических шламов — на прудовика большого *Lymnaea stagnalis* L. по эмбриотоксическому действию на кладках, цитогенетическим эффектам, активности некоторых гидролитических ферментов.

**Ключевые слова:** отходы производства, *Lymnaea stagnalis*, биотестирование.

**Введение.** Захоронение промышленных отходов без принятия адекватных мер предосторожности против вымывания из них металлов и органических химических соединений иногда приводит к случаям серьезного и необратимого загрязнения поверхностных вод. Использование соответствующих технических и управленческих процедур для надлежащего сбора и удаления отходов способно уменьшить или полностью устранить негативное воздействие отходов на окружающую среду и здоровье населения.

Токсичность отходов гальванических шламов обусловлена главным образом присутствием в них солей тяжелых металлов, ряд аспектов действия которых на метаболизм моллюска остаются мало изученным. Известно, что некоторые тяжелые металлы обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Токсическое действие металлов проявляется на метаболическом, клеточном, организменном, популяционном, биоценологическом и экосистемном уровнях. У обитателей водоемов происходит изменение активности и состава множественных форм целого ряда ферментов, изменяется активность синтеза белков, может изменяться проницаемость клеточных мембран, вязкость цитоплазмы и некоторые другие физико-химические параметры клеток, наблюдается нарушение отдельных физиологических функций, изменение поведения, снижение темпа роста, увеличение смертности вследствие прямого отравления или уменьшения устойчивости к стрессовым факторам [1].

В настоящей работе в лабораторных условиях нами было исследовано влияние смеси гальванических шламов на активность гидролитических ферментов (ДНКазы и кислой фосфатазы), а также эффективность выклева молоди прудовика большого *Lymnaea stagnalis*. Также были оценены цитогенетические нарушения клеток гемолимфы и неспецифические защитно-приспособительные реакции пресноводного моллюска данного вида в ответ на присутствие в водной среде отходов в заданных концентрациях.

**Цель работы** — изучение токсических эффектов воздействия отходов производства — смеси гальванических шламов — на прудовика большого *Lymnaea stagnalis*.

**Материалы и методы.** Изученные отходы производства представляют собой смесь гальванических шламов ООО «Минский вагоноремонтный завод» и относятся ко второму классу опасности согласно Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь. Смесь гальванических шламов содержит в составе: кадмий — 0,008 г/кг, свинец — 10,7 г/кг, марганец — 0,43 г/кг, цинк — 2,62 г/кг, хром общий — 1,3 г/кг, медь — 0,89 г/кг, никель — 14,05 г/кг, железо — 34,0 г/кг, кальций — 3,5 г/кг, сульфаты — 179,1 г/кг, формальдегид — 0,013 г/кг, а также уротропин, соляную кислоту и другие неидентифицированные химические компоненты. Оценка токсичности отходов проводили с применением тест-модели — брюхоногого легочного моллюска *Lymnaea stagnalis*.

Эффективность выклева прудовика большого *Lymnaea stagnalis* оценивали с использованием кладок моллюска, применяя метод изучения эмбриотоксичности отходов на тест-модели *Lymnaea stagnalis* [2]. Заданные концентрации испытуемого образца отходов были определены в ходе предварительного эксперимента и составили 0,005; 0,007; 0,010; 0,015 мг/мл. Эксперимент выполнен в трех повторностях, в каждой из которых задействовано не менее 4 кладок. В качестве отрицательного контроля использовали отстоянную водопроводную воду. В эксперименте использовали кладки с яйцевыми капсулами, находящимися в стадии гаструлы. Фрагменты кладок инкубировали при естественном фотопериоде в затененном месте в чашках Петри диаметром 40 мм на протяжении двух недель до полного прекращения выклева молоди. В каждой экспериментальной группе (чашке Петри) учитывали количество выклюнувшихся особей моллюска. Во избежание существенного испарения влаги и изменения концентрации испытуемого токсиканта в течение всего экспозиционного периода чашки Петри покрывали крышками.

С целью оценки токсического воздействия изучаемого образца отходов на клетки гемолимфы (гемоциты) большого прудовика был проведен 14-суточный эксперимент на 24 одновозрастных особях моллюска лабораторного разведения (по 8 моллюсков в группе), предварительно рандомизированных по массе. В опытных группах заданные концентрации тестируемого отхода составили 1 и 20 мг/л, контрольную группу моллюсков на протяжении всего экспозиционного периода содержали в отстоянной водопроводной воде. Моллюсков содержали в лабораторных стаканах емкостью 2 л с плотностью посадки не более 1 особи на 0,5 л водной среды. Эксперимент проводили в стандартизированных условиях, корм — листовой салат моллюскам давали каждые 3 дня, водную среду в контроле и опытных группах обновляли 1 раз по окончании 7 сут экспозиции. По окончании экспозиции моллюсков индивидуально обсушивали на бумажных полотенцах и проводили забор гемолимфы для последующего анализа цитологических препаратов гемоцитов. Забор гемолимфы проводили путем механического раздражения ноги моллюска. Образцы гемолимфы фиксировались смесью этилового спирта (96%) и ледяной уксусной кислоты в объемном соотношении 3:1. Препараты окрашивались по Гимза и исследованы с помощью светового микроскопа «Olympus BH-2» с целью учета частоты встречаемости клеток с микроядром/микроядрами, с признаками апоптоза, а также частоты апоптотических телец.

С целью определения активности ферментов после процедуры забора гемолимфы каждую особь моллюска препарировали, извлекая гепатопанкреас (пищеварительную железу), из которого получали экстракт водорастворимых белков [3]. Концентрацию белка в полученных экстрактах определяли по методу Лоури. Активность кислой фосфатазы определяли фотометрически, используя в качестве субстрата p-нитрофенилфосфат [4], активность дезоксирибонуклеазы — флуориметри-

чески с флуоресцентно-меченым олигонуклеотидом в качестве субстрата [5]. За единицу активности фермента принимали такое его количество, которое катализирует превращение 1 моля субстрата (для дезоксирибонуклеазы) или накопление 1 моля продукта (для кислой фосфатазы) за 1 с. Активность ферментов выражали в единицах на 1 мг белка.

Достоверность различий между контролем и опытом по биохимическим и цитогенетическим показателям оценивали с применением t-критерия Стьюдента. Эффективность выклева оценивали по зависимости концентрация-отклик методом нелинейного регрессионного анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что образец отходов смесь гальванических шламов при изучении эмбриотоксичности на тест-модели *Lymnaea stagnalis* вызывал угнетение выклева моллюска (таблица 1).

Таблица 1. — Данные показателей эмбриотоксического действия на кладках прудовика большого *Lymnaea stagnalis* отходов смеси гальванических шламов

Концентрация отходов, мг/мл	Успешный выклев, %	Коэффициент вариации, %	Угнетение выклева, %
Контроль	89,23	1,81	–
0,005	71,75	0,66	19,56
0,007	50,42	4,44	43,46
0,010	17,15	4,04	80,78
0,015	1,0	–	98,86

Расчет оценочных показателей действия на кладки проведен методом наименьших квадратов с использованием регрессионной модели (коэффициент корреляции равен 0,92). Следовательно, средне-эффективная концентрация (ЕС<sub>50</sub>) образца смеси гальванических шламов по эффекту угнетения выклева моллюска составляет 0,008±0,049 мг/мл, пороговая концентрация (ЕС<sub>15</sub>) составляет 0,004 мг/мл, зона острого действия равна 2,0. Изученный образец отходов смеси гальванических шламов проявляет в данном тесте высокую токсичность и характеризуется узкой зоной острого действия.

В результате 14-суточного воздействия образца отходов гальванических шламов в концентрации 1 мг/л в эксперименте на половозрелых особях большого прудовика не установлено увеличение доли гемоцитов с признаками апоптотической гибели, а также апоптотических телец по сравнению с соответствующими показателями для контрольной группы моллюсков, содержащихся в водопроводной воде. В результате 14-суточной экспозиции данного образца отходов в концентрации 20 мг/л в эксперименте на половозрелых особях большого прудовика установлено существенное и статистически достоверное увеличение доли гемоцитов с признаками апоптотической гибели, а также апоптотических телец по сравнению с соответствующими показателями для контрольной группы моллюсков. Установлено, что субхроническое воздействие изучаемого образца отходов в заданных концентрациях не вызвало существенных изменений у моллюсков уровня гемоцитов, содержащих микроядро либо микроядра. Описанные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. — Цитогенетические показатели *L. stagnalis* при воздействии отходов гальванических шламов в 14-суточном эксперименте, М±SE

Концентрация отходов, мг/л	Количество проанализированных клеток	Гемоциты с признаками апоптоза, %	Апоптотические тельца, %	Гемоциты с микроядром, %
0 (контроль)	4713	0,82±0,12	0,95±0,18	0,47±0,04
1	4837	0,82±0,11	0,80±0,09	0,41±0,03
20	5164	1,58±0,22*	1,73±0,20*	0,54±0,04

Примечание — \* — достоверность различий с контролем при  $p \leq 0,001$ .

Результаты оценки воздействия тестируемого образца отходов на активность гидролитических ферментов у половозрелых особей большого прудовика лабораторного разведения представлены в таблице 3.

Таблица 3. — Показатели активности гидролитических ферментов *L. stagnalis* при воздействии отходов гальванических шламов в 14-суточном эксперименте, М±SE

Концентрация отходов, мг/л	Удельная активность фермента, моль/се, мг	
	фосфатаза ( $\times 10^{-3}$ )	ДНКазы ( $\times 10^{-6}$ )
0 (контроль)	8,18±1,14	18,45±5,66
1	10,05±1,19*	44,87±17,73*
20	8,79±1,19	6,2±2,79*

Примечание — \* — достоверность различий с контролем при  $p \leq 0,05$ .

Как видно из таблицы 3, изученные отходы в концентрации 1 мг/л оказали наиболее выраженный эффект на уровень активности гидролитических ферментов моллюска — достоверное возрастание активности кислой фосфатазы и ДНКазы, что свидетельствует о потенциальной возможности применения этих биохимических показателей в качестве маркеров токсического воздействия отходов, способных оказать негативное воздействие на метаболизм гидробионтов.

Результаты исследований согласуются с имеющимися литературными данными о значительно более высокой уязвимости к воздействию токсиканта интенсивно растущего и развивающегося организма по сравнению с организмом, полностью сформировавшимся [6], а также не противоречат данным других исследований, свидетельствующим о цитотоксично-

сти тяжелых металлов. В частности, широко известно о способности свинца, никеля, меди, цинка и кадмия, входящих в состав отходов гальванического производства, вызывать различные цитогенетические нарушения в системе *in vitro* и *in vivo* [7].

Результаты оценки цитогенетических эффектов свидетельствуют об отсутствии выраженного генотоксического воздействия тестируемого образца отходов в заданных концентрациях на половозрелых особей *L. stagnalis* в субхроническом эксперименте.

**Заключение.** В практику эколого-гигиенических исследований широко внедряются экспресс-методы с использованием биологических систем различных уровней организации. Особую актуальность это приобретает при оценке загрязнений сложного химического состава, в частности отходов производства и потребления, когда возникает необходимость комплексно охарактеризовать их токсичность, а также дать оценку потенциального неблагоприятного воздействия отходов на окружающую среду, от которой зависят дальнейшие управленческие решения по обращению с отходами. Экспресс-методы должны соответствовать многим требованиям: быть экономически рентабельными, универсальными для всех видов отходов, достоверно отражать дозозависимость ранних маркеров экологического неблагополучия на организменном и надорганизменном уровнях, валидированными. При выборе таких методов необходимо учитывать, что экотоксикологический ответ системы определяется не столько выраженностью отклонений на метаболическом и клеточном уровнях, сколько вызываемыми ими изменениями структуры популяции, за счет, например, снижения численности организмов.

Результаты лабораторных экспериментов по изучению отходов гальванического производства позволили выявить высокую чувствительность интегрального отклика использованной тест-модели *Lymnaea stagnalis* — угнетение эффективности выклева молоди моллюска. Установлено значение порогового показателя ЕС<sub>15</sub> 0,004 мг/мл, который указывает на наличие достоверных различий с контролем по угнетению выклева на данной концентрации. Анализ изменений цитогенетических показателей показал наличие достоверных различий с контролем у половозрелых особей большого прудовика при концентрации отходов 20 мг/л. Связано это с большей чувствительностью к воздействию токсикантов эмбриональных стадий развития организмов, чем взрослых особей. Используемые биохимические критерии оценки токсичности отходов (уровень активности кислой фосфатазы и дезоксирибонуклеазы) являются наиболее чувствительными из обнаруженных в данной работе откликов на воздействие отходов в тест-модели *Lymnaea stagnalis*: достоверное изменение данных показателей относительно контроля было зарегистрировано при воздействии образца отходов гальванических шламов в концентрации 1 мг/л.

Сравнительный анализ чувствительности и экотоксикологической значимости токсических эффектов, полученных нами в экспериментах, позволяет сделать вывод о целесообразности применения теста по изучению эмбриотоксичности на основе эффекта угнетения выклева моллюска *Lymnaea stagnalis* наряду с другими тест-системами в практике лабораторного биотестирования отходов производства с целью оценки их степени опасности для окружающей среды.

#### Литература

1. Дроганова, Т.С. Метаболическая адаптация речной живородки *Viviparus viviparus* L. к сублетальному токсическому воздействию тяжелых металлов / Т.С. Дроганова, Л.В. Поликарпова, И.Л. Цветков // Вестн. МГОУ. — 2014. — № 4. — С. 22–27.
2. Метод экспериментального определения токсичности отходов производства: инструкция: утв. постановлением М-ва здравоохранения Республики Беларусь 07.04.2016, № 044-1215. — Введ. 20.06.2016. — Минск, 2015. — 56 с.
3. Цветков, И.Л. Активность кислой фосфатазы и дезоксирибонуклеазы у гидробионтов под влиянием различных токсических веществ водной среды / И.Л. Цветков, А.П. Попов, А.С. Коницев // Гидробиол. журн. — 2012. — Т. 48, № 1. — С. 95–108.
4. Heinonen, J.K. A new and convenient colorimetric determination to the assay of inorganic pyrophosphatase / J.K. Heinonen, R.A. Lahti // Anal. Biochem. — 1981. — Vol. 113, № 2. — P. 313–317.
5. Цветков, И.Л. Новый метод количественного определения активности дезоксирибонуклеазы с использованием флуоресцентно-меченых олигонуклеотидов в качестве субстрата / И.Л. Цветков, Л.В. Поликарпова, А.С. Коницев // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер. Естеств. науки. — 2012. — № 3. — С. 46–51.
6. The relative sensitivity of sperm, eggs and embryos to copper in the blue mussel (*Mytilus trossulus*) / J.L. Fitzpatrick [et al.] // Comp. Biochem. Physiol. Part C. — 2008. — Vol. 147, № 4. — P. 441–449.
7. El-Habit, O.H. Testing the genotoxicity, cytotoxicity, and oxidative stress of cadmium and nickel and their additive effect in male mice / O.H. El-Habit, Abdel A. E. Moneim // Biol. Trace Elem. Res. — 2014. — Vol. 159, № 1/3. — P. 364–372.

#### TOXIC EFFECTS OF GALVANIC SLIMES WASTE EXPOSURE TO SHELLFISH *LYMNAEA STAGNALIS* L.

Boris O.A.<sup>1</sup>, Ilyukova I.I.<sup>1</sup>, Shevtsova S.N.<sup>2</sup>, Martynov V.V.<sup>3</sup>, Polikarpova L.V.<sup>3</sup>, Droganova T.S.<sup>3</sup>,  
Petrova S.Y.<sup>1</sup>, Gomolko T.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Scientific Institution «Institute of Genetics & Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus»,  
Minsk, Republic of Belarus;

<sup>3</sup>State Educational Institution of Higher Education of the Moscow region, Moscow State Regional University, Moscow, Russia

The toxic effects of industrial waste exposure — a mixture of galvanic slimes on the great pond snail *Lymnaea stagnalis* L. have been studied for embryotoxic effect on the masonry, cytogenetic effects, and activity of some hydrolytic enzymes.

**Keywords:** industrial waste, *Lymnaea stagnalis*, bioassay.

Поступила 05.08.2016

#### МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭМБРИОТОКСИЧНОСТИ ОТХОДОВ В ТЕСТ-МОДЕЛИ *LYMNAEA STAGNALIS*

Борис О.А.<sup>1</sup>, Илюкова И.И.<sup>1</sup>, Шевцова С.Н.<sup>2</sup>, Петрова С.Ю.<sup>1</sup>, Гомолко Т.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Разработан метод изучения эмбриотоксичности отходов в тест-модели *Lymnaea stagnalis* с целью применения для определения класса опасности отходов производства по опасному свойству «экоотоксичность». В результате изу-

чения более 30 отходов производства определены токсические эффекты от воздействия отходов и установлены оценочные критерии вредного действия, научно обоснованы рациональные условия постановки эксперимента, методические аспекты, а также объективные критерии оценки экотоксичности отходов и критерии достоверности теста.

**Ключевые слова:** отходы производства, *Lymnaea stagnalis*, биотестирование, экотоксичность.

**Введение.** Разработка касается актуальной проблемы в сфере обращения отходов производства — этапа установления класса опасности отходов производства. Совершенствование методологии таких исследований позволяет минимизировать отрицательное влияние отходов на состояние окружающей среды и предотвратить негативные последствия для здоровья населения. Предложенный метод позволяет в относительно короткий срок оценить экотоксичность отходов, в совокупности с другими методами выявить лимитирующие пути его воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека.

Защита окружающей природной среды от загрязнения токсичными веществами, которые могут мигрировать из отходов, является серьезной гигиенической проблемой. Такие загрязнения создают угрозу для вод, предназначенных для питья, для нужд сельского хозяйства, промышленности и рекреационных целей. Скрытое влияние на здоровье людей наблюдается как результат неблагоприятного воздействия на водные организмы и в результате концентрации токсичных веществ в пищевой цепи, а также нарушения экологического равновесия.

Пресноводные двустворчатые успешно применяются в практике биомониторинга водных объектов. В мировой литературе освещены различные аспекты влияния загрязнителей на большого прудовика. Применение в практике лабораторного биотестирования распространенного на территории Беларуси брюхоногого легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* оправдано относительной простотой ухода за этими беспозвоночными, а также их высокой плодовитостью [1].

**Цель работы** — разработка метода изучения эмбриотоксичности отходов в тест-модели *Lymnaea stagnalis* с целью применения его для определения класса опасности отходов производства по опасному свойству «экотоксичность».

**Материалы и методы.** Экспериментальные исследования выполнялись на основе описанных [1] и оригинальных методических подходов на кладках прудовика большого *Lymnaea stagnalis*, содержащих яйцевые капсулы с зародышами, путем экспозиции кладок в растворе отходов. Визуальная идентификация этапов эмбрионального развития большого прудовика проводилась с ориентацией на морфофизиологические критерии, предложенные В.Н. Мещеряковым, с применением соответствующей терминологии автора [2].

*Lymnaea stagnalis* — это модельный вид водных животных, который можно содержать в лабораторных условиях. Гермафродитный брюхоногий моллюск является типичным представителем гидробионтов средней полосы Европы. Для данного вида характерно преимущественно перекрестное оплодотворение как в природных популяциях, так и в лабораторных условиях при совместном содержании. При этом кладки представляют собой генетически достаточно однородный материал, что позволяет формировать из них репрезентативную выборку с небольшим разбросом данных.

В экспериментах использовались лабораторная посуда и оборудование: микроскоп стереоскопический МБС-10, весы аналитические, дозаторы пипеточные на 1–5 мл, 100–1000; 20–200 и 5–50 мкл, ступки фарфоровые, набор сит, чашки Петри 40 мм.

**Результаты и их обсуждение.** Разработанный методический подход предполагает оценивать воздействие отходов на эмбриогенез и эффективность выклева брюхоногого легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* в лабораторных условиях. Критерием вредного действия считается угнетение выклева моллюска.

Метод применяется для отходов различных агрегатных состояний и физико-химических свойств: жидких, твердых, многофазных эмульсий, водорастворимых и гидрофобных, содержащих твердые частицы, а также отходов с выраженными кислотными или основными свойствами. Существуют также ограничения применения данного метода для отходов, содержащих большое количество поверхностно-активных веществ, веществ, обладающих активными денатурирующими свойствами (например, антисептики), образующих воздухо непроницаемую пленку на поверхности водной среды, бактериальное загрязнение которых может послужить причиной гибели тест-объекта.

При ведении культуры моллюсков содержат в отстоянной водопроводной воде, не превышая максимальную плотность посадки 1 особь на 200 мл воды. Например, можно содержать моллюсков в отдельных стаканах емкостью 1000 мл по 5 особей. При необходимости (в холодное время года) моллюсков помещают в термостат при температуре 22–26°C. В качестве корма используют листья салата, в летнее время можно кормить листьями одуванчика. Смена воды и добавление корма выполняется каждые 2–3 сут. Температурный диапазон воды для содержания взрослых особей в лабораторных условиях: от +16 до +28°C. Диапазон значений pH водной среды, пригодный для жизни, — 6,5–8,5.

Для эксперимента используются кладки, выметанные в ближайшие 2 сут. Перед экспериментом проводят визуальную микроскопическую оценку кладок, при которой оценивают соблюдение постадийной однородности всех задействованных кладок и отсутствие непригодных кладок. Таковыми считаются кладки с количеством зародышевых капсул менее 20, мутные, а также содержащие зародышевые капсулы с признаками гибели эмбриона или отсутствием вращательных движений в количестве 15% и более.

Целесообразно использовать в эксперименте нативные образцы отходов в гомогенизированном состоянии, при этом экстракция токсикантов происходит длительно, на протяжении всего эксперимента, что позволяет приблизиться к реальным условиям воздействия отходов на окружающую среду. В качестве растворителя используют отстоянную водопроводную воду. Вода должна соответствовать стандартам питьевой воды. Хлорированная питьевая вода отстаивается в чистом сосуде из инертных материалов не менее 1 сут. В растворе с максимальным насыщением концентрация исследуемого образца отходов должна составлять 500 мг/мл. Последующие рабочие растворы готовятся путем последовательного разведения исходного раствора. После смешивания необходимо выдержать не менее 2 ч для выхода в раствор водорастворимых компонентов отходов. В течение этого времени сосуд периодически встряхивают или помещают в шейкер. Измеряют pH полученного раствора с помощью pH-метра.

Эксперимент проводится в два этапа: предварительный и основной. Предварительный этап проводится с целью выявления биологически эффективных концентраций. Из раствора с начальной концентрацией отходов 500,0 мг/мл готовят водные разведения. На предварительном этапе исследуют 3 или 5 концентраций образца отходов и контроль в одной повторности.

Используются синхронизированные кладки в количестве 2–4 на один образец отходов, в стадии гастрюлы. Можно использовать кладки на более поздних стадиях, однако при этом нужно учитывать, что тест-модель, возможно, будет проявлять меньшую чувствительность к действию токсиканта.

Проводится синхронизация кладок — отсечение бритвенным лезвием от концевых отделов кладки небольшого участка длиной 2–3 мм. Затем каждую кладку делят на 4–6 приблизительно равных частей, которые случайным образом расформируют на одну контрольную и 3 (или 5) опытных групп. В экспериментальную посуду помещают по 2–4 четвертинки кладки и добавляют исследуемый раствор. В эксперименте используют чашки Петри диаметром 40 мм — они заполняются 10 мл исследуемого раствора. В контрольную пробу вносят эквивалентный объем воды.

Подсчитывается изначальное количество зародышевых капсул в каждой чашке. Чашки с кладками инкубируются при комнатной температуре, естественном фотопериоде, в затененном месте. При необходимости исключить испарение, чашки можно закрывать крышками. Рекомендуемый температурный диапазон воды для инкубации кладок от +20 до +28°C. Длительность экспозиции на предварительном этапе приблизительно составляет 5 сут.

По окончании экспозиции проводят визуальную идентификацию этапов эмбрионального развития, при которой ориентировочно оценивают гибель эмбрионов, аномалии развития. При отсутствии гибели ориентируются на отставание в развитии эмбрионов. Анализ нарушений эмбриогенеза моллюсков проводится постадийно с помощью микроскопа стереоскопического МБС-10. В процессе анализа отмечаются следующие стадии эмбриогенеза (в последовательности от ранних к более поздним): гастрюла, трохофора, велигер, переход на ножное движение, выклев. Идентификация отставаний в развитии проводится с ориентацией на «норму», в качестве которой служат лидеры контрольной группы, т. е. зародыши на самых поздних стадиях эмбриогенеза на каждом из этапов оценки. Для оценки предварительного этапа значимым считается отставание на 2 и более стадии.

В ходе основного этапа эксперимента тестируются концентрации отходов в интервале биологически эффективных. Основной эксперимент выполняется в не менее, чем в трех, лучше четырех повторностях. В основном эксперименте должно быть испытано не менее 4 концентраций отходов. Оптимально испытывать 5 концентраций отходов. Обязательно использование отрицательного контроля с отстоянной водопроводной водой.

В эксперимент берутся кладки (3–6 на одну повторность), содержащие зародыши на начальных этапах дробления (стадии 2–4 бластомеров), либо гастрюлы, либо на стадии ранней трохофоры. При этом необходимо соблюдать постадийную однородность всех задействованных кладок. Также проводится легкая синхронизация кладок. Затем каждую кладку делят на 4–6 приблизительно равных частей, которые случайным образом расформируют на одну контрольную и 3 (или 5) опытных групп и помещаются в экспериментальную посуду, содержащую исследуемые растворы. Таким образом, в каждую контрольную и опытную группу попадает 1/4 или 1/6 часть одной кладки. Каждая часть содержит приблизительно одинаковое количество зародышевых капсул. Поскольку для эксперимента на одну повторность используются 3–6 кладок, то в каждой группе (чашке) оказывается по 3–6 частей, т. е. по 40–90 зародышевых капсул. Затем чашки с кладками заливаются исследуемыми растворами и инкубируются. В контрольную пробу вносят эквивалентный объем воды. Оптимально исследовать 5 концентраций отходов. Достаточная интенсивность аэрации достигается благодаря небольшой высоте водного столба среды в каждой чашке. При необходимости исключить испарение, чашки можно закрывать крышками. Добавление свежей воды в инкубационную среду осуществляется по мере ее испарения в течение всего периода экспозиции. Максимальный срок экспозиции составляет 19 сут. Оптимальный температурный режим водной среды для инкубации кладок от +23 до +25°C. При его соблюдении срок экспозиции сокращается до 9–10 сут.

По окончании основного этапа количественно учитывают гибель эмбрионов, аномалии развития и выклев. Основным критерий учета эмбриональной гибели — фрагментация зародыша, а также (со стадии трохофоры до выклева) полная остановка движения моллюска внутри яичевой капсулы, которая сопровождается разрушением тканей и фрагментацией эмбриона. Живые зародыши, сохраняющие вращательные движения внутри яичевых капсул, но имеющие различные уродства и другие аномалии морфологической и функциональной организации, учитывают как «аномалии развития». Доля выключившихся особей определяется по окончании 9–19 сут экспозиции, после полного прекращения выклева. Выключившиеся особи подсчитываются невооруженным глазом.

В результате основного этапа эксперимента в тест-модели *Lymnaea stagnalis* оценивается эффект угнетения выклева. Для расчета угнетения выклева в % визуально ведется подсчет выключившихся особей в каждой концентрации с частичным эффектом гибели и в контроле (все повторности) и рассчитывается процент выключившихся особей относительно изначального количества зародышевых капсул — это % успешного выклева. В случае если в одной из повторностей результаты существенно отличаются от других, то эту повторность не учитывают. Затем рассчитывается усредненный показатель % успешного выклева из всех повторностей и коэффициент вариации. Для расчета используют методы описательной статистики. Наиболее целесообразно для этих целей использование компьютерной программы Statistica 6.0. На основании усредненного показателя % успешного выклева для каждой концентрации относительно контроля рассчитывается угнетение выклева (%) по формуле:

$$\text{угнетение выклева (\%)} = K - O / K \times 100\%,$$

где K — % успешного выклева в контроле;  
O — % успешного выклева в опыте.

Принцип оценки степени опасности отходов базируется на экспериментально установленной зависимости величины угнетения выклева (%) от концентрации отходов в мг/мл. Зависимость выражается уравнением прямой общего вида:

$$y = mx + b.$$

Учитывая прямолинейный характер данной зависимости, определение параметров эмбриотоксичности (EC<sub>50</sub> и EC<sub>15</sub>) осуществляется с использованием регрессионной модели.

Опасность отходов в отношении эмбриотоксичности на кладках *Lymnaea stagnalis* оценивается по показателям: средне-эффективная концентрация (EC<sub>50</sub>), пороговая концентрация (EC<sub>15</sub>) и показателю, характеризующему зону острого действия, который рассчитывается отношением EC<sub>50</sub> к EC<sub>15</sub>.

Регрессионный анализ экспериментальных данных проводится при условии наличия дозозависимого эффекта на 4-х и более концентрациях.

Критериями достоверности теста можно считать:

- «успешный выклев» в контроле должен составлять не менее 70%;
- количество наблюдений в каждой повторности — минимум 30;
- коэффициент вариации показателей из 3–4 повторностей — не более 30%.

Оценка достоверности полученного регрессионного уравнения проводится по величине коэффициента корреляции ( $r$ ). Коэффициент  $r$  имеет значения от 0 до 1.

Если  $r$  равен 1, то имеет место полная корреляция с моделью. При значении  $r \geq 0,6$  можно считать, что уравнение регрессии удачно описывает зависимость концентрация – эффект.

Метод изучения эмбриотоксичности отходов в тест-модели *Lymnaea stagnalis* апробирован на 10 отходах производства. Отходы были ранжированы по группам для целенаправленного использования в экспериментах типичных представителей видов отходов в зависимости от возможных механизмов острого токсического действия. Приведем пример оценки одного из них — отходов от очистки гидрофильтров окрасочных камер, относящихся к 3-му классу опасности по Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь.

Установлено, что образец отходов от очистки гидрофильтров окрасочных камер при изучении эмбриотоксичности в тест-модели *Lymnaea stagnalis* вызывал угнетение выклева моллюска. Данные расчетных показателей приведены в таблице.

Расчет оценочных показателей проведен методом наименьших квадратов с использованием регрессионной модели. Следовательно, ЕС<sub>50</sub> образца отходов от очистки гидрофильтров окрасочных камер составляет 7,52 (+0,16) мг/мл, ЕС<sub>15</sub> составляет 0,241 мг/мл, зона острого действия равна 31,2.

Таблица — Данные показателей эмбриотоксического действия на кладках прудовика большого *Lymnaea stagnalis* отходов от очистки гидрофильтров

Концентрация (мг/мл)	Успешный выклев, %	Коэффициент вариации, %	Угнетение выклева, %
Контроль	94,01	1,5	-
0,1 мг/мл	85,01	2,0	9,57
1,0 мг/мл	64,13	1,12	31,78
5,0 мг/мл	55,17	1,6	41,31
50,0 мг/мл	8,4	23,49	91,06

**Заключение.** Полученные результаты экспериментальных исследований отходов в тест-модели *Lymnaea stagnalis* демонстрируют целесообразность применения метода изучения эмбриотоксичности отходов производства с целью оценки их степени опасности.

Можно сделать вывод об объективности использования в данном методе оценочных показателей: средне-эффективная концентрация ЕС<sub>50</sub>, пороговая концентрация ЕС<sub>15</sub>, зона острого действия. Применение таких показателей, как пороговая концентрация и зона острого действия позволяет полнее изучать экотоксикологический профиль отходов. Пороговая концентрация помогает ориентироваться в том, какие концентрации отходов при попадании в окружающую природную среду можно считать условно безопасными. Зона острого действия демонстрирует стратегию управления отходами для решения вопроса, допустимо ли попадание в окружающую природную среду небольших концентраций малоопасных и умеренно опасных отходов. Считается, что вещества с малой зоной острого действия более «управляемые» [3]. При условии недостаточной изоляции от попадания окружающую природную среду малоопасных отходов с широкой зоной острого действия, они могут оказывать негативный эффект в небольших концентрациях, превышающих пороговую. Последнее обстоятельство необходимо учитывать при комплексной оценке отходов для определения класса опасности.

Внедрение в практику разработанного метода изучения эмбриотоксичности отходов в тест-модели *Lymnaea stagnalis* представляется целесообразным и рациональным.

#### Литература

1. Дромашко, С.Е. Биотестирование — составной элемент системы оценки состояния окружающей среды: учеб.-метод. пособие / С.Е. Дромашко, С.Н. Шевцова. — Минск: ИПНК, 2012. — 82 с.: ил.
2. Мещеряков, В.Н. Объекты биологии развития / В.Н. Мещеряков. — М.: Наука, 1975. — 580 с. — (Проблемы биологии развития).
3. Трахтенберг, И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты / И.М. Трахтенберг, В.С. Колесников, В.П. Луковенко. — Минск: Наука и техника, 1994. — 285 с.

## RESEARCH METHOD OF EMBRYOTOXICITY EFFECT OF WASTE PRODUCTS AT THE *LYMNAEA STAGNALIS* TEST-MODEL

Boris O.A.<sup>1</sup>, Ilyukova I.I.<sup>1</sup>, Shevtsova S.N.<sup>2</sup>, Petrova S.Y.<sup>1</sup>, Gomolko T.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Scientific Institution “Institute of Genetics & Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus

The method of studying the waste embryotoxicity in the *Lymnaea stagnalis* test-model has been developed for the application to determine the hazard class of industrial waste on hazard characteristic "ecotoxicity". The research which included more than 30 industrial waste identified the toxic effects from waste exposure and set harmful effects evaluation criteria, the rational setting

conditions of the experiment have been scientifically substantiated, as well as the methodological aspects, the objective criteria for the waste ecotoxicity evaluation, the test validity criteria.

**Keywords:** industrial waste, *Lytnaea stagnalis*, biotesting, ecotoxicity.

Поступила 05.08.2016

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Василькевич В.М.<sup>1</sup>, Соболев Ю.А.<sup>1</sup>, Филонов В.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Закрытое акционерное общество «БелАсептика», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье на основании накопленного опыта экспериментальных исследований и токсикологической экспертизы средств для дезинфекции отечественного и зарубежного производства, изготовленных по стандартным рецептурам и оригинальным разработкам, предпринята попытка оценить полноту, объективность и адекватность существующих методических подходов, применяемых в рамках испытаний на соответствие гигиеническим требованиям.

**Ключевые слова:** дезинфицирующие средства, токсичность, гигиеническая экспертиза (оценка).

**Введение.** Актуальная задача организации и проведения дезинфекционных мероприятий в организациях здравоохранения в настоящее время — борьба с инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи (ИСМП), и их профилактики. Решение проблемы ИСМП предполагается осуществлять путем внедрения новых эффективных и малотоксичных средств для обеззараживания рук медицинского персонала; разработки и внедрения новых эффективных и безопасных для медицинского персонала и пациентов средств и оборудования для обеззараживания и очистки воздуха помещений организаций здравоохранения; создания средств и оборудования для обеззараживания медицинских отходов и др. [1, 2].

На сегодняшний день дезинфицирующие средства востребованы в различных отраслях народного хозяйства, в т. ч. и на предприятиях пищевой промышленности и объектах общественного питания, т. к. надлежащий уровень санитарной обработки производственных помещений и технологического оборудования является неотъемлемым условием выпуска качественной, безопасной и конкурентоспособной продукции [2, 3].

Для дезинфекционных мероприятий в современных условиях используется широкий спектр препаратов: галогеносодержащие (хлорактивные, иодифоры), кислородсодержащие (перекись водорода, надкислоты), четвертичные аммониевые соединения, спиртосодержащие, альдегиды, бигуанидины, амины, композиционные препараты и др. В Республике Беларусь среди зарегистрированных в законодательно установленном порядке дезинфектантов 71 препарат (28%) имеет в качестве активно действующих веществ четвертичные аммониевые соединения; 50 (20%) препаратов зарегистрировано на основе гуанидинов, 40 (16%) — на базе активного хлора, на основе кислот — 30 (12%), спиртов — 20 (8%) [2].

Принимая во внимание приведенные данные, очевидно, что изучение дезинфицирующих средств, применяемых в организациях здравоохранения, в пищевой промышленности и на объектах общественного питания, является актуальным и недостаточно изученным вопросом токсикологии и гигиены, который требует дальнейшей методической разработки. В ряде случаев подтверждение гигиенической безопасности дезинфицирующих средств должно основываться на результатах не только токсикологического скрининга, но и расширенных экспериментальных исследований.

**Цель работы** — на основании накопленного опыта токсикологических исследований современных дезинфицирующих средств отечественного и зарубежного производства, выполненных на базе лаборатории промышленной токсикологии государственного предприятия «НПЦГ», критически оценить полноту, объективность и адекватность существующих методических подходов, применяемых в рамках испытаний на соответствие требованиям гигиенической безопасности [4], а также научно обосновать и сформулировать основные рекомендации для эксперта/исследователя, которые позволят избежать возможных ошибок при выборе методических приемов и интерпретации полученных результатов.

**Материалы и методы.** Санитарно-гигиенические, токсикологические, экспертная оценка.

**Результаты и их обсуждение.** При экспертизе дезинфицирующих средств перед исследователем стоит задача дать токсикологическую характеристику дезсредства и оценить реальную степень опасности при длительном и кратковременном контакте в соответствии с режимами использования и требованиями ТНПА, рекомендовать безопасные условия его применения на практике.

Необходимо отметить, что в Республике Беларусь в соответствии с приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 04.04.2011 № 340 «О некоторых вопросах государственной регистрации средств дезинфекции» создана комиссия по средствам дезинфекции, что обеспечило возможность проводить работу по оценке эффективности новых дезинфекционных средств, их безопасности и безвредности для человека на постоянной основе с привлечением наиболее компетентных специалистов различного профиля. Системная, целенаправленная работа комиссии по средствам дезинфекции позволила создать базу данных дезинфицирующих средств, зарегистрированных на территории Беларуси, которая включает информацию о более 250 дезинфицирующих и антисептических средствах и продолжает постоянно пополняться [2].

Изучение токсичности и опасности дезинфицирующих средств проводится по 3-этапной схеме:

1-й этап — первичная оценка токсичности и опасности дезинфицирующих средств при потенциально опасных путях поступления в организм (в желудок, на слизистые оболочки, через органы дыхания, парентерально) ускоренными методами;

2-й этап — углубленная оценка токсичности и опасности в острых и подострых экспериментах, исходя из режимов применения (нормы расхода, рабочие концентрации, режимы и способы обработки);

3 этап — испытание дезинфицирующих средств в практических условиях (натурные исследования). Как правило, проводится для новых средств, не имеющих аналогов или требующих особых условий применения.

Как показал наш опыт работы, особое внимание при исследованиях дезинфицирующих средств необходимо уделять раздражающему действию на кожу и слизистые оболочки, способность вызывать аллергические реакции, проявления инга-

ляционной токсичности. По-прежнему мало изучена проблема токсического действия на персонал и население длительного малоинтенсивного воздействия средств (проявления кумулятивной активности).

Обязательным этапом при испытаниях дезинфицирующих средств на соответствие требованиям безопасности [4] в рамках санитарно-гигиенических исследований является оценка токсичности и опасности острого отравления. В большинстве случаев эксперты ограничиваются определением только величина  $DL_{50}$ . Вместе с тем на стадии разработки и постановки на производство дезинфицирующих средств целесообразно использовать наряду с абсолютной токсичностью дополнительные количественные критерии сравнительной опасности, выражающие наклон прямой доза-эффект к оси абсцисс. К таким показателям относятся зона острого токсического действия (диапазон смертельных доз) —  $DL_{84}/DL_{16}$ , варибельность смертельных доз (функция угла наклона) —  $S$ , которые не зависят от масштабов шкал на осях координат «доза-эффект» и могут быть вычислены без каких-либо затруднений при статистической обработке результатов эксперимента. Кроме того, учет значений этих показателей может иметь решающее значение при сравнении и оценке токсического эффекта близких по составу дезинфицирующих средств [5].

Многие дезинфекционные средства применяются для аэрозольной дезинфекции и при этом содержат летучие компоненты, обладающие ингаляционной токсичностью (прежде всего характерно для средств на основе изопропилового спирта), для которых в обязательном порядке необходимо проводить оценку ингаляционной опасности не только в насыщающих концентрациях, создаваемых в статических условиях (в емкостях типа эксикаторы либо в камерах для затравки) при однократном воздействии, но и при длительном воздействии в динамических условиях с оценкой функциональных эффектов по изменению морфофункциональных показателей лабораторных животных. Также предпочтительно после лабораторных исследований по оценке опасности при ингаляционном воздействии провести натурный эксперимент в помещении, моделирующем больничные палаты или другие вспомогательные помещения (при необходимости). На протяжении натурального эксперимента одним из критериев безопасного применения средства должно являться содержание индикаторного летучего компонента средства на уровне не более допустимой концентрации (как правило, максимально разовой) в атмосферном воздухе (для средств, применение которых возможно в присутствии людей) или воздухе рабочей зоны (для средств, которые можно применять только специально обученному рабочему персоналу без посторонних людей).

Для многих средств, прежде всего используемых в пищевой промышленности, характерно включение в рецептуру компонентов, обладающих выраженными раздражающими свойствами (кислоты и щелочи, изопропиловый спирт, глутаровый альдегид и др.). Обращает внимание, что в таких средствах для улучшения моющих свойств производителями используется ортофосфорная, азотная, серная и сульфаминовая и другие виды кислот, а также щелочи (едкий натр и гидроксид калия), что не только обуславливает их химическую агрессивность (коррозийность), но и определяет высокую опасность острого отравления по сравнению с другими аналогичными средствами и с токсиколого-гигиенических позиций отрицательно характеризует кислотные и щелочные дезинфицирующие средства. Для средств, обладающих раздражающим действием производитель должен указывать в технической документации (Технические условия, Инструкция по применению) и на этикетке предупреждающую информацию и/или сигнальную маркировку о возможном повреждении кожных покровов и слизистых оболочек при попадании на них концентрированного средства. Все работы с концентратом средства должны осуществляться в помещениях, оборудованных эффективной местной и общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией, а рабочий персонал должен использовать средства индивидуальной защиты кожи и глаз (спецодежда, перчатки, защитные очки). При этом основное внимание на этапе токсикологической экспертизы для дезинфицирующих средств, в особенности обладающих физико-химическими свойствами, обуславливающими их раздражающее действие, должно быть уделено установлению порога раздражающего действия средства при нанесении на кожу и слизистые, что позволит рекомендовать концентрацию рабочего раствора, которая будет соответствовать максимально допустимому разбавлению, не вызывающему раздражения кожи (либо приводящему к слабой интенсивности гиперемии с обратимой реакцией), и в результате обогнать безопасный режим применения средств.

Проблема проявления аллергенного эффекта дезинфицирующих средств при обращении с ними персонала остается. К сожалению, дезинфицирующие средства при их токсикологической оценке не подлежат изучению с использованием показателей иммунотоксического действия, характеризующих различные механизмы формирования гиперергического иммунного ответа, а постановка кожных аллергических реакций не всегда гарантирует безопасность применения дезинфектантов. Большинство персонала, занятого в организациях здравоохранения и на пищевом производстве, длительно контактирует с различными химическими веществами, являющимися также аллергенами, что приводит к постепенному нарушению иммунологической реактивности (формированию перекрестной сенсибилизации, а также развитию множественной химической чувствительности и образованию аллергенов из молекул организма путем демаскирования скрытых антигенных детерминант или возникновения новых антигенных детерминант в результате денатурации молекул), что индуцирует развитие аллергий, которые могут проявляться как кожными реакциями, так и развиваться по анафилактическому типу с тяжелыми последствиями для здоровья работников.

Одним из критериев безопасности при изучении кумулятивной активности дезинфицирующих средств в соответствии с действующими требованиями гигиенической безопасности, [4] является величина коэффициента кумуляции ( $K_{кум}$ ), рассчитанная по летальной исходности подопытных животных. При этом в большинстве случаев [6] рекомендуется использовать тест «субхронической токсичности», предложенный R. Lim с соавт. (1961). Данный метод менее продолжительный, чем метод Ю.С. Кагана и В.В. Станкевича и о наличии/отсутствии кумулятивного эффекта можно судить уже после первой недели введения. Недостатком метода является невозможность количественно охарактеризовать степень выраженности кумуляции (в отличие от метода Ю.С. Кагана, для которого разработана классификация Л.И. Медведя с пятью степенями градации), что затрудняет сравнительную оценку способности веществ и/или смесей к кумуляции. В ряде случаев исследователи переносят результаты, полученные по методу R. Lim с соавт., на классификацию Л.И. Медведя и таким образом оценивают кумулятивную активность веществ. Возникает вопрос об объективности и справедливости такого подхода.

С.М. Новиковым и соавт. (1986) была установлена тесная связь между показателями кумулятивного действия вредных веществ при различных режимах введения, что позволило провести сравнительную оценку степени кумулятивности соединений по результатам, полученным разными методами [6]. При этом было установлено, что при введении веществ в на-

растающих дозах кумулятивные свойства проявляются сильнее, чем при дозозомонотонном воздействии, следовательно,  $K_{\text{кум}}$ , вычисленный по методу R. Lim и соавт., меньше, чем эквивалентные  $K_{\text{кум}}$  по методу Ю.С. Кагана. При этом С.М. Новиков и соавт. предлагают использовать собственную шкалу для оценки степени кумулятивности (таблица).

Таблица — Шкала С.М. Новикова и соавт. [6] для оценки степени кумулятивной активности при использовании разных методов

Степень кумуляции по классификации Л.И. Медведя	Значение коэффициента кумуляции, рассчитанного по методу Ю.С. Кагана	Значение коэффициента кумуляции, рассчитанного по методу R. Lim и соавт.
Сверхкумуляция	< 1	<1
Выраженная кумуляция	1–3	1–2
Средняя кумуляция	3–5	2–3
Слабая кумуляция	>5	>3,3

Кроме коэффициента кумуляции достаточно информативно и показательно среднеэффективное время гибели половины животных, взятых в эксперимент ( $TE_{50}$ ) [6]. Учитывая, что оценка результатов по  $TE_{50}$ , как и по коэффициенту кумуляции, может различаться при использовании разных методов, И.В. Саноцкий предлагает при установлении степени кумуляции по методу R. Lim придерживаться следующего соотношения  $TE_{50 \text{ кум}}$  и  $K_{\text{кум}}$  по классификации Л.И. Медведя: при  $TE_{50 \text{ кум}} < 8$ ,  $K_{\text{кум}} < 1$ ;  $TE_{50 \text{ кум}} 8–16$ ,  $K_{\text{кум}} 1–3$ ;  $TE_{50 \text{ кум}} 16–24$ ,  $K_{\text{кум}} 3–5$ ;  $TE_{50 \text{ кум}} > 24$ ,  $K_{\text{кум}} > 5$  сут соответственно [7].

При планировании токсикологических экспериментов необходимо учитывать, что оценка кумуляции по смертельному эффекту не дает полного представления о кумулятивных процессах, происходящих в организме под воздействием веществ и/или смесей, т. к. любой единичный коэффициент кумуляции всегда отражает обобщенный кумулятивный эффект и сам по себе не является достаточным основанием для дифференцированного анализа явлений кумуляции. Следовательно, для объективной оценки токсических эффектов субхронической интоксикации требуется определение клинико-биохимических показателей на разных уровнях воздействия для установления не только материальной, но и функциональной кумуляции.

Накопленный исследовательский опыт с дезинфектантами планируется использовать специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» в рамках деятельности рабочей группы по совершенствованию требований и методов испытаний дезинфицирующих средств, которая создана и функционирует в формате Евразийского экономического союза.

**Заключение.** Таким образом, программа токсикологических исследований новых рецептур дезинфицирующих средств, предназначенных для применения в организациях здравоохранения и предприятиях пищевой промышленности, должна быть расширена и включать:

- определение не только параметров острой токсичности, но и показателей опасности острых отравлений, выражающие наклон прямой доза-эффект к оси абсцисс;
- изучение ингаляционной токсичности для средств аэрозольного применения с постановкой модельного эксперимента при длительном воздействии дезинфектанта в динамических условиях и оценкой функциональных эффектов по изменению морфофункциональных показателей лабораторных животных. Предпочтительно также проведение натурального эксперимента с химико-аналитическим контролем воздуха помещений на содержание летучего компонента при рекомендуемом режиме обработки;
- определение кумулятивного действия проводить по классификации Л.И. Медведя и рекомендовать к применению средства, обладающие средней или слабой кумулятивной активностью. При изучении кумуляции могут применяться различные методы, что делает неоднозначным количественную оценку степени выраженности кумулятивной активности только по критерию «гибель». Поэтому при использовании метода R. Lim с соавт. (1961) следует учитывать не только летальность, но и время гибели, что позволит перейти к классификации Л.И. Медведя и количественно определить степень кумуляции;
- определение клинико-биохимических показателей по окончании подострых опытов при пероральном и накожном воздействии для выявления возможности развития функциональной кумуляции и резорбтивного действия;
- анализ рецептурного состава на наличие компонентов, обладающих возможными отдаленными эффектами (мутатогенного, канцерогенного, гонадотоксического, тератогенного и репротоксического).

#### Литература

1. Шандала, М.Г. Перспективы и проблемы современной дезинфектологии / М.Г. Шандала // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. — 2003. — № 3. — С. 119–125.
2. Елистратова, М. Мониторинг микроорганизмов и их устойчивости к дезинфицирующим и антисептическим средствам в учреждениях здравоохранения / М. Елистратова // Здравоохранение. — 2016. — № 5. — С. 64–71.
3. Филонов, В.П. Применение современных моющих и дезинфицирующих средств на предприятиях пищевой промышленности для обеспечения безопасности пищевых продуктов / В.П. Филонов, А.С. Долгин // Современные проблемы гигиенической науки и практики, перспективы развития / Редкол.: Ю.Е. Демидчик [и др.]; Бел. мед. академия последилового образования. — Минск, 2013. — С. 335–339.
4. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утв. решением Комиссии таможенного союза 28.05.2010 № 299. — Разд. 20: Требования к дезинфицирующим, дезинсекционным и дератизационным средствам.
5. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. А.А. Каспарова, И.В. Саноцкого. — М., 1986. — С. 111–127.
6. Сравнительная оценка различных методов изучения кумулятивных свойств вредных веществ / С.М. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. — 1987. — № 9. — С. 41–44.
7. Саноцкий, И.В. Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений / И.В. Саноцкий, И.П. Уланова. — М.: Медицина, 1975. — С. 54–74.

## SOME ASPECTS OF THE EXPERIMENTAL STUDIES AND HYGIENIC ASSESSMENT OF DISINFECTANTS USED IN HEALTHCARE ORGANIZATIONS AND FOOD INDUSTRY

Vasilkevich V.M.<sup>1</sup>, Sobol Y.A.<sup>1</sup>, Filonov V.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Closed Joint-Stock Company "BelAseptika", Minsk, Republic of Belarus

In the article on the basis of the experience of experimental studies and toxicological examination of disinfectants of national and foreign production manufactured according to standard formulations and original developments an attempt has been made to assess the completeness, objectivity and adequacy of existing methodological approaches used within the test for compliance with the hygienic requirements.

**Keywords:** disinfectants, toxicity, hygienic expertise (assessment).

Поступила 24.06.2016

## МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ВРЕДНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Власенко Е.К.<sup>1</sup>, Грынчак В.А.<sup>1</sup>, Васильева М.М.<sup>1</sup>, Рябцева С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Изучены структурные изменения органов и тканей лабораторных животных по морфологическим показателям в повторных опытах при накожном и внутрижелудочном воздействии нового регулятора роста растений — гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты (ГЭ-АЛК). Ведущим критерием для определения порогов вредного действия является нейротропное действие ГЭ-АЛК, установленное путем проведения биохимико-морфолого-физиологических параллелей между показателями при различных режимах внутрижелудочного воздействия. Пороги острого и хронического действия установлены по лимитирующим показателям поведения подопытных животных и суммационно-пороговому показателю, которые в субхроническом опыте демонстрируют компенсаторные сдвиги.

**Ключевые слова:** гексильный эфир 5-аминолевулиновой кислоты, патоморфологические изменения, критерий вредности.

**Введение.** Токсиколого-гигиеническое обоснование безвредных уровней воздействия химических загрязнений является одной из основных задач профилактической токсикологии и основано на понятии пороговости как пределе возможности нормального функционирования организма человека при воздействии химического вещества [1]. При этом установление порога действия должно отвечать критерию вредности, т. е. исследователями решается вопрос, какие именно реакции организма в ответ на воздействие химического фактора в конкретных условиях обладают гигиенической значимостью [2]. При выборе адекватных критериев вредного действия требуется определить параметры токсикометрии изучаемого соединения при различных путях и режимах воздействия, исследовать ряд медико-биологических показателей и установить взаимосвязи между результатами биохимических, физиологических, морфологических и других исследований.

В результате ранее проведенных экспериментов установлены основные токсикометрические характеристики ГЭ-АЛК, при этом ряд полученных данных свидетельствует о наличии мембраноповреждающего действия препарата и его выраженном влиянии на функционирование центральной нервной системы [3–7]. Для выявления лимитирующих показателей вредного воздействия и изучения механизмов токсического действия необходимы исследования с применением гистоморфологических методов.

**Цель работы** — выявление эффекта воздействия на морфо-функциональное состояние организма крыс и научное обоснование критериев вредного действия для гигиенической регламентации ГЭ-АЛК в объектах среды обитания.

**Материалы и методы.** В экспериментальной работе использовали синтезированный в Институте биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси ГЭ-АЛК (действующее вещество регулятора роста растений «Эфаламин»), представляющий собой белый кристаллический порошок со слабым характерным запахом, хорошо растворимый в воде.

Гистологическому изучению подвергали кожу и ряд внутренних органов белых крыс, получавших ГЭ-АЛК при эпикутанном воздействии в течение 30 сут и при внутрижелудочном введении в субхроническом и хроническом опытах. Исследование проведено по общепринятым методам. Внутренние органы подопытных животных — сердце, легкие, печень, желудок, участок кожи, селезенку, почки и надпочечники забирали по окончании экспериментов после мгновенной декапитации. Фрагменты органов фиксировали в 10% нейтральном формалине, после проводки по спиртам восходящей концентрации и приготовления парафиновых блоков выполнены срезы толщиной 4 мкм. Морфологическое исследование гистологических препаратов на светооптическом уровне производили при помощи микроскопа Zeiss (Германия). Выполнен морфометрический анализ кожных покровов в зоне воздействия изучаемого соединения в опытах с накожной аппликацией и многослойно-плоского эпителия слизистой желудка в экспериментах с внутрижелудочном введении ГЭ-АЛК.

Результаты исследований обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики. При оценке различий между группами использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Количественные параметры представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха [25; 75%]. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ . Обращение с животными при подготовке и проведении экспериментов осуществляли в соответствии с основными этическими принципами надлежащей лабораторной практики.

**Результаты и их обсуждение.** Эпикутанное воздействие ГЭ-АЛК в виде 50% раствора (854 мг/кг) в субхроническом опыте приводило к развитию патологических процессов в коже белых крыс, охарактеризованных как реактивная гиперплазия многослойного плоского эпителия с гиперкератозом, выраженный отек дермы и атрофия саленных желез. В печени подопытных животных зарегистрирован ряд дистрофически-некротических изменений гепатоцитов, почки имели призна-

ки дистрофии эпителия проксимальных канальцев с очаговой деструкцией апикальных отделов клеток и мезангиально-пролиферативного гломерулонефрита. При этом состояние сердца, легких, селезенки и желудка животных данной группы оставалось в норме.

Признаки повреждения кожных покровов белых крыс, подвергнутых воздействию 25% раствором (341 мг/кг) препарата, характеризовались умеренным отеком дермы и умеренной гиперплазией эпидермиса. В печени белых крыс зарегистрированы дистрофические изменения гепатоцитов, в почках — дистрофия эпителия проксимальных канальцев. Состояние сердца, легких, селезенки и желудка подопытных животных в пределах нормы.

Накожная аппликация 5% раствора (75 мг/кг) препарата сопровождалась слабой гиперплазией многослойного плоского эпителия с гиперкератозом и незначительным отеком дермы в зоне аппликации. При этом в печени крыс наблюдается зернистая дистрофия гепатоцитов, патологических изменений со стороны сердца, легких, селезенки, желудка и почек не выявлено.

У подопытных животных контрольной группы не зарегистрировано патологических изменений кожных покровов и внутренних органов — сердца, легких, желудка, печени, селезенки и почек. Приведены значения количественных показателей состояния кожных покровов белых крыс по параметрам нарастания отека дермы и гиперплазии эпителия под влиянием возрастающего уровня воздействия ГЭ-АЛК (таблица 1).

Таблица 1. — Морфометрические показатели кожных покровов белых крыс при эпикутанном субхроническом воздействии ГЭ-АЛК, мкм, Ме [25; 75%]

Группы сравнения, уровни воздействия	Толщина эпидермиса и дермы	Толщина эпидермиса
I (контрольная)	995 [977; 1009]	35,7 [31,6; 41,8]
II — 864 мг/кг	1787 [1751; 1822]*	75,05 [70,2; 84,1]*
III — 341 мг/кг	1473 [1463,39; 1485]*	59,4 [53,4; 65,4]*
IV — 75 мг/кг	1160,61 [1136; 1186]*	44,9 [40,1; 50,5]*
Примечание — * — различия статистически достоверны, $p \leq 0,05$ .		

Следовательно, для ГЭ-АЛК характерно трансдермальное действие, которое проявляется в изменениях морфологической структуры ряда внутренних органов. Также ГЭ-АЛК вызывает местно-раздражающие эффекты, зарегистрированные морфометрически. При этом выраженность кожно-резорбтивных и местно-раздражающих процессов зависит от величины дозы воздействия.

Гистологический анализ внутренних органов белых крыс, подвергнутых внутрижелудочному воздействию ГЭ-АЛК в субхроническом эксперименте (дозомонотонное 30-дневное воздействие), показал следующее: у подопытных животных контрольной группы не зафиксировано морфологических изменений состояния сердца, печени, почек, желудка и надпочечников. Морфологически состояние селезенки в опытных группах животных, получавших ежедневно 880, 440 и 110 мг/кг препарата, и контрольной группы также были без изменений. Внутрижелудочное субхроническое введение 880 мг/кг ГЭ-АЛК белым крысам сопровождалось следующими патологическими изменениями: в сердце выявлен глыбчатый распад и очаговый некроз кардиомиоцитов, в печени — дистрофически-некротические изменения гепатоцитов, в почках — дистрофия эпителия проксимальных канальцев и мезангиально-пролиферативный гломерулонефрит, в легких — бронхопневмонит, наблюдали развитие гиперпластических процессов в слизистой оболочке желудка и коре надпочечников. При интрагастральном введении 440 мг/кг ГЭ-АЛК белым крысам наблюдали менее выраженные повреждения внутренних органов, а именно: в сердце — глыбчатый распад кардиомиоцитов, в печени — дистрофические изменения гепатоцитов и развитие гепатита, в почках — дистрофия эпителия проксимальных канальцев, в легких — бронхопневмонит, также зарегистрированы гиперпластические процессы в слизистой желудка и коре надпочечников. Внутрижелудочное субхроническое введение 110 мг/кг ГЭ-АЛК подопытным животным сопровождалось развитием только бронхопневмонита и гиперпластическими процессами в слизистой оболочке желудка. Существенных патологических изменений со стороны сердца, печени, почек, надпочечников не выявлено. Морфологический анализ гистологических срезов желудка выявил ряд нарушений многослойного плоского эпителия его слизистой оболочки, сформировавшихся под влиянием изучаемого соединения и охарактеризованных как гиперпластические изменения с акантозом и гиперкератозом разной степени выраженности (таблица 2).

Таблица 2. — Морфометрические показатели слизистой оболочки желудка и надпочечников белых крыс, подвергнутых интрагастральному воздействию ГЭ-АЛК в субхроническом опыте, мкм, Ме [25; 75 %]

Группы сравнения, величины доз	Толщина многослойного плоского эпителия слизистой оболочки желудка, мкм	Общая площадь надпочечников, мкм <sup>2</sup>	Процентное соотношение мозгового вещества надпочечников, %
Контрольная	118 [106; 137]	1042165 [912493; 1341304]	24,0 [18,6; 26,3]
Опытная, 880 мг/кг	615 [594; 643]	302419 [220161; 330399]	13,9 [11,6; 17,5]
Опытная, 440 мг/кг	278 [260; 314]	940777 [579650; 2171840]	14,7 [13,1; 29,4]
Опытная, 110 мг/кг	187 [171; 194]	106017 [37797; 312864]	12,4 [8,8; 21,2]

Сформированные под влиянием субхронического воздействия ГЭ-АЛК изменения со стороны надпочечников характеризовались гиперплазией сетчатой зоны коркового вещества разной степени выраженности.

В хроническом эксперименте (дозомонотонное интрагастральное введение длительностью 6 месяцев) при морфологическом анализе гистологических срезов внутренних органов белых крыс контрольной группы и опытной группы, подвер-

гнутых воздействию 30 и 11 мг/кг ГЭ-АЛК, не установлено патологических изменений сердца, легких, желудка, селезенки, почек, печени и надпочечников, структура этих органов не нарушена.

Внутрижелудочное введение препарата в течение 6 мес. в дозе 110 мг/кг приводило к повреждениям ряда внутренних органов: в сердце отмечен очаговый продуктивный миокардит, в печени — интерстициальный гепатит, дистрофические изменения гепатоцитов, в почках — интерстициальный нефрит, а также к развитию гиперпластических процессов в слизистой оболочке желудка и сетчатой зоны коры надпочечников. При этом установлено статистически значимое увеличение толщины многослойного плоского эпителия слизистой желудка и соотношения мозгового вещества к общей площади надпочечников по сравнению с контролем (таблица 3). Патологических изменений со стороны других исследованных внутренних органов не выявлено.

Таблица 3. — Морфометрические показатели слизистой желудка и надпочечников белых крыс при хроническом воздействии ГЭ-АЛК, мкм, Ме [25; 75 %]

Группы сравнения, величины доз	Толщина многослойного плоского эпителия слизистой оболочки желудка, мкм	Процентное соотношение мозгового вещества надпочечников, %
I — контрольная	156,2 [140,7; 174,9]	14,76 [14,7; 16,1]
II — 110 мг/кг	692,5 [634,4; 723,6]*	18,5 [17,5; 22,7]*
III — 30 мг/кг	154,8 [131,2; 178,7]	14,4 [13,5; 17,1]
IV — 11 мг/кг	209,8 [182,4; 237,9]	13,5 [12,5; 22,4]

Выявленные гиперпластические изменения многослойного плоского эпителия слизистой оболочки желудка белых крыс, получавших 110 мг/кг ГЭ-АЛК, характеризуются акантозом и гиперкератозом (таблица 3). Морфометрические показатели слизистой желудка и надпочечников при хроническом воздействии изучаемого препарата в дозах 30 и 11 мг/кг не выходили за пределы контрольных значений. Изменения со стороны надпочечников белых крыс, получавших 110 мг/кг ГЭ-АЛК, характеризовались гиперплазией коркового вещества разной степени выраженности (таблица 3).

При интрагастральном введении пороги острого и хронического действия ГЭ-АЛК установлены по интегральным показателям, оцениваемым на организменном уровне, а именно по показателям, отражающим изменения функционирования центральной нервной системы. Однако для оценки гигиенической значимости реакций организма большую роль играет не только наличие сдвигов и их направленность во времени, но и изучение биохимико-физиолого-морфологических параллелей. В таблице 4 приведены морфофункциональные показатели состояния подопытных животных, которые демонстрируют в зависимости от режима воздействия ГЭ-АЛК статистические отличия от контроля, и схематически указана направленность этих изменений.

Таблица 4. — Направленность морфофункциональных сдвигов при внутрижелудочном введении ГЭ-АЛК подопытным животным в различных режимах воздействия

Острый опыт (при однократном воздействии сублетальных доз)	Субхронический опыт (при дозозомонотном воздействии по Кагану и Станкевичу)	Хронический опыт (при воздействии в течение 6 мес.)
Показатели состояния нервной системы		
Грумминг ↓	СПП ↑	СПП ↓
Вертикальная активность ↓	Грумминг ↑	Грумминг ↓
«Норковый рефлекс» ↓	Вертикальная активность ↑	
Биохимические и гематологические показатели крови		
Статистически значимых изменений гематологических показателей не зарегистрировано	Содержание эритроцитов ↓, уровень гемоглобина ↓, гематокрит ↓, парциальное давление O <sub>2</sub> ↓, парциальное давление CO <sub>2</sub> ↑, буферная бикарбонатная емкость ↑, мочевина ↑, активность АЛТ ↑, уровень билирубина ↑, активность ГГТ ↑, коэф. де Ритиса ↓, содержание иммуноглобулина G ↑, компонент комплемента C3 ↑	pH мочи ↓ клиренс креатинина ↓ суточный диурез ↓
Особенности морфологических показателей		
При макроскопическом исследовании внутренних органов изменений не зарегистрировано	В сердце — глыбчатый распад и очаговый некроз кардиомиоцитов, в печени — дистрофически-некротические изменения гепатоцитов, в почках — дистрофия эпителия проксимальных канальцев и мезангиально-пролиферативный гломерулонефрит, в легких — бронхопневмонит, гиперплазия слизистой желудка и коры надпочечников	В сердце очаговый продуктивный миокардит, в печени — интерстициальный гепатит, дистрофические изменения гепатоцитов, в почках — интерстициальный нефрит, гиперплазия слизистой желудка, коры и сетчатой зоны надпочечников
Примечание — ↑ и ↓ — статистически достоверное увеличение и снижение значений показателей.		

Как свидетельствуют результаты исследований, показатели функционирования нервной системы демонстрируют дозозависимые сдвиги при различных режимах внутрижелудочного поступления ГЭ-АЛК. Острое отравление ГЭ-АЛК протекало с признаками выраженного нарушения функции центральной нервной системы и характеризуется тремором передних и задних конечностей, нарушением ориентировочно-координационной активности («ходульная» походка, паралич задних конечностей, скованность движений), судорогами, учащенного дыхания, апноэ, наблюдали признаки интоксикации в виде скованности. При однократном сублетальном воздействии пороговая величина  $Li_{mac}$  73 мг/кг ГЭ-АЛК установлена по наиболее чувствительному показателю поведения животных — количество эпизодов груминга, при этом достоверных отклонений иных учитываемых показателей при сублетальной заправке не зарегистрировано (масса тела, ряд гематологических тестов, макроскопические изменения структуры внутренних органов).

Реакции организма в субхроническом опыте свидетельствовали о вовлечении в процесс компенсации центральной нервной системы и системы крови на фоне развития ряда патологических процессов при внутрижелудочном введении ГЭ-АЛК. Так, у подопытных животных зарегистрировано дозозависимое усиление ориентировочно-исследовательской активности и снижение порога возбудимости. Со стороны системы крови наблюдался компенсаторный сдвиг кислотно-основного равновесия (наблюдается и при наименьшем уровне воздействия — 110 мг/кг) и преимущественно изменения показателей функционирования печени. Гистологическое исследование внутренних органов выявило ряд патологических изменений различной степени в сердце, легких, печени, почках, надпочечниках, желудке. Как известно, повторное поступление массивных доз яда приводит к развитию неспецифически повышенной резистентности либо к компенсированной или декомпенсированной патологии. Состояние неспецифически повышенной резистентности направлено на быстрое восстановление патологических сдвигов и формируется на фоне напряжения систем, в отношении которых исследуемое соединение обладает специфической активностью [1]. Следовательно, реакции нервной системы при воздействии ГЭ-АЛК являются патогенетически значимыми, а их направленность в субхроническом опыте обусловлена восстановлением исходного состояния (гомеостаза).

В хроническом опыте внутрижелудочное воздействие ГЭ-АЛК приводило к дозозависимому угнетению ориентировочно-исследовательской активности и повышению порога возбудимости подопытных животных. При этом зафиксированы изменения со стороны функционирования мочевыводящей системы: снижение водородного показателя мочи, уменьшение суточного диуреза и клиренса креатинина (уровень воздействия 110 мг/кг). Со стороны морфологических показателей отмечен ряд изменений структуры внутренних органов белых крыс — сердца, печени, почек, желудка и надпочечников.

Порог хронического действия установлен на уровне 30 мг/кг ГЭ-АЛК по показателю «количество эпизодов груминга» и величине суммационно-порогового показателя.

Таким образом, при изучении морфо-функциональных параллелей установлены следующие закономерности воздействия изучаемого соединения на функции центральной нервной системы:

1. Сдвиги демонстрируют дозовую зависимость в каждом из экспериментов при внутрижелудочном введении ГЭ-АЛК: острым, субхроническом и хроническом (наличие зависимостей «доза-эффект», «доза-время-эффект»).

2. Показатели ЦНС являются наиболее чувствительными (лимитирующими) при установлении порогов острого и хронического действия препарата.

3. Переход из адаптационных процессов в компенсаторные при воздействии ГЭ-АЛК в организме сопровождается соответствующими изменениями показателей функционирования ЦНС.

Вышеизложенное позволяет расценивать реакции нервной системы в ответ на введение ГЭ-АЛК как гигиенически значимые, а изменения показателей ее функционирования пригодными для установления пороговых величин воздействия.

Также изменение высшей нервной деятельности трактуется как изменение психической (зоопсихической) работоспособности, что при переносе на человека даже при изменениях в границах физиологических колебаний может свидетельствовать о возможности тяжелых последствий, связанных с уменьшением внимания и т. п. [2]. Это означает, что такие физиологические изменения показателей состояния нервной системы при воздействии ГЭ-АЛК могут однозначно трактоваться как вредные.

**Заключение.** В условиях 6-месячного внутрижелудочного введения ГЭ-АЛК белым крысам в дозах 110; 30 и 11 мг/кг установлены дозозависимые токсические эффекты, позволившие определить порог хронического действия на уровне 30 мг/кг с учетом сдвигов нейроповеденческого статуса. Зона хронического действия  $Z_{chr}$  составляет 2,4 (умеренно опасные соединения). Воздействие ГЭ-АЛК на организм белых крыс морфологически характеризуется развитием ряда патологических процессов: в коже — реактивная гиперплазия многослойного плоского эпителия с гиперкератозом, выраженный отек дермы и атрофия сальных желез, в сердце — глыбчатый распад и очаговый некроз кардиомиоцитов, в печени — дистрофически-некротические изменения гепатоцитов, в почках — дистрофия эпителия проксимальных канальцев и мезангиально-пролиферативный гломерулонефрит, в легких — бронхопневмонит. Также морфометрически отмечены гиперпластические процессы в слизистой желудка и коре надпочечников. Сопоставляя результаты патоморфологических исследований в организме животных под воздействием изучаемого соединения в субхроническом опыте при эпикутанном и пероральном путях поступления можно заключить, что изменения во внутренних органах не зависят от пути поступления. Однако выраженность этих изменений несомненно зависит от пути поступления: при пероральном введении в организме белых крыс зарегистрированы патологические изменения структуры внутренних органов большей степени выраженности, чем при эпикутанном воздействии.

Ведущим критерием для определения порогов вредного действия является нейротропное действие ГЭ-АЛК, установленное путем проведения биохимико-морфолого-физиологических параллелей между показателями при различных режимах внутрижелудочного воздействия. Пороги острого и хронического действия установлены по лимитирующим показателям поведения подопытных животных и суммационно-пороговому показателю, которые в субхроническом опыте демонстрируют компенсаторные сдвиги.

#### Литература

1. Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. — М.: Медицина, 2002. — 608 с.

2. Методы определения токсичности и опасности химических веществ / Под ред. И.В. Саноцкого. — М.: Медицина, 1970. — 344 с.
3. Особенности токсического действия гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в условиях одно- и многократного внутривидового введения / Е.К. Власенко [и др.] // Токсикол. вестн. — 2015. — № 5. — С. 31–36.
4. Особенности эпикутанного действия гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты / Е.К. Власенко [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2015. — № 1(9). — С. 49–54.
5. Токсикологическая оценка гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты при различных путях и режимах однократного воздействия / Е.К. Власенко [и др.] // Тр. БГУ. — 2014. — Т. 9, ч. 2. — С. 218–223.
6. Оценка биохимического статуса белых крыс при воздействии гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в субхроническом эксперименте / Е.К. Власенко [и др.] // Вестн. ВМГУ. — 2015. — Т. 14, № 6. — С. 104–111.
7. Токсикологическая характеристика гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в условиях хронического воздействия на белых крысах и в пролонгированном эксперименте *in vitro* / Е.К. Власенко // Тр. БГУ. — 2014. — Т. 9, ч. 2. — С. 209–217.

## MORFOLOGICAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN LABORATORY ANIMALS' ORGANISM AND HAZARD CRITERIA JUSTIFICATION ON EXPOSURE OF 5-AMINOLEVULINIC ACID HEXYL ESTER

*Vlasenko E.K.<sup>1</sup>, Grynchak V.A.<sup>1</sup>, Vasilyeva M.M.<sup>1</sup>, Ryabceva S.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Educational Establishment "The Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus

The structural changes in organs and tissues of laboratory animals for morphological parameters in repeated experiments with cutaneous and intragastric exposure to new plant growth regulator — 5-aminolevulinic acid hexyl ether, have been studied. The leading criterion for determining the threshold of harmful action is the neurotoxicity of 5-aminolevulinic acid hexyl ester, established through biochemist-morphological and physiological parallels between the figures for different modes of intragastric exposure. The acute and chronic thresholds of action have been set by the limiting parameters of laboratory animals' behavior and the summation-threshold figure, which show the compensatory changes in a subchronic experiment.

**Keywords:** hexyl ester of 5-aminolevulinic acid, pathomorphological changes, hazard criterion.

Поступила 26.07.2016

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ СОДЕРЖАНИЯ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ СЫРЬЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЪЕКТАХ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

*Власенко Е.К.<sup>1</sup>, Грынчак В.А.<sup>1</sup>, Попель А.А.<sup>1</sup>, Кисель М.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт биоорганической химии НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** На основе токсиколого-гигиенической оценки научно обоснованы величины максимально допустимых уровней действующего вещества отечественного регулятора роста растений «Эфаламин» — гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты (ГЭ-АЛК) в зерне хлебных злаков, рапсе (зерно, масло) и льне (масло). Разработана методика определения ГЭ-АЛК, позволяющая контролировать соблюдение его безопасных уровней содержания в объектах среды обитания человека (воздух, вода, почва) и растениеводческой продукции.

**Ключевые слова:** гексильный эфир 5-аминолевулиновой кислоты, максимально допустимые уровни, методика определения.

**Введение.** В Институте биоорганической химии НАН Беларуси разработан новый регулятор роста сельскохозяйственных растений «Эфаламин» на ГЭ-АЛК [1], также отечественными учеными обоснована экономическая целесообразность его применения на ряде сельскохозяйственных культур [2–4].

Для безопасного применения в агропромышленном комплексе специалистами РУП «Научно-практический центр гигиены» проведены комплексные токсиколого-гигиенические исследования и обоснован ряд гигиенических регламентов содержания ГЭ-АЛК в объектах среды обитания человека: ориентировочно безопасный уровень воздействия в воздухе рабочей зоны (ОБУВ в р.з.) — 0,8 мг/м<sup>3</sup>, ориентировочно безопасный уровень воздействия в атмосферном воздухе (ОБУВ с.с.) — 0,01 мг/м<sup>3</sup>, ориентировочно допустимый уровень в воде водоемов (ОДУ в воде) — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, ориентировочно допустимая концентрация в почве (ОДК в почве) — 0,3 мг/кг, временная допустимая суточная доза (врдсд, мг/кг м.т. человека) — 0,1 мг/кг [5].

Контроль соблюдения гигиенических регламентов в объектах среды обитания человека и продовольственном сырье должен осуществляться с применением санитарно-химических методов, обеспечивающих надежное определение ГЭ-АЛК в воздухе, твердых и жидких матрицах.

Безопасность продуктов питания обеспечивается контролем максимально допустимых уровней остаточных количеств (МДУок) ГЭ-АЛК в продукции растениеводства, выращенной с применением регулятора роста растений «Эфаламин».

**Цель работы** — обоснование МДУок ГЭ-АЛК в зерне хлебных злаков, зерне и масле рапса, масле льна-долгунца, а также разработка методики определения ГЭ-АЛК, позволяющей контролировать установленные гигиенические регламенты.

**Материалы и методы.** Изучаемое соединение — гексильный эфир 5-аминолевулиновой кислоты (гексиламинолевулилат, гексильный эфир 5-амино-4-оксопентановой кислоты), обозначения: ГЭ-АЛК, эмпирическая формула C<sub>11</sub>H<sub>22</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, молярная масса — 251,75 г/моль, регистрационный № CAS: 140898-91-5, химический класс — сложные эфиры аминокислот, агрегатное состояние — твердое вещество, кристаллический порошок со слабым характерным запахом, температура плавления — 96–98°C, температура кипения — 313°C, температура вспышки — 112,6°C, давление паров при 25°C — 0,000504 мм рт. ст., растворимость в воде — растворимо; коэффициент распределения н-октанол/вода, logP — 1,8. Растворимость в органических растворителях при 25°C (г/дм<sup>3</sup>): хлороформ — растворим неограниченно, дихлорэтан — растворим неограниченно, н-гексан — не растворим, диэтиловый эфир — не растворим; при хранении на воздухе гидролизуется;

в растворах органических растворителей (ДМСО, ДМФА, хлороформ) и воды гидролизуетс с образованием 5-аминолевулиновой кислоты и гексилового спирта.

Представительный отбор проб сельхозпродукции проводили в соответствии с требованиями СТБ 1036-97 «Продукты пищевые и продовольственное сырье». Отобранные пробы хранили в холодильнике при 4°C, экстрагировали не позднее 7 дней и анализировали не позднее 14 дней с даты отбора.

Определение содержания ГЭ-АЛК в воздухе, жидких и твердых матрицах проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе с масс-спектрометрическим детектором типа «тройной квадруполь» Agilent 1200/6410 Triple Quad LC/MS System (США).

**Результаты и их обсуждение.** Обоснование МДУок ГЭ-АЛК в продуктах питания проводили в соответствии с действующими рекомендациями [6].

Препарат «Эфаламин» внесен в государственный реестр средств защиты растений для применения на яровом ячмене, озимом рапсе и льне-долгунце при предпосевной обработке семян в качестве регулятора роста растений, поэтому проведено расчетное обоснование МДУок ГЭ-АЛК в зерне хлебных злаков, рапсе (зерно, масло) и льне (масло). Максимально допустимое поступление ДСП (суммарное количество препарата, поступающее из разных сред) для человека не должно превышать 5,5 мг/сут.

С пищевым рационом в организм человека может поступить до 70% остаточных количеств средства защиты растений, обнаруживающегося во всех средах. В этом случае расчетное безопасное поступление ГЭ-АЛК, поступающего с пищевыми продуктами, составит 3,85 мг/чел./сут. Если МДУок для зерна хлебных злаков будет установлен на уровне 0,1 мг/кг, возможное поступление ГЭ-АЛК в организм человека с хлебными продуктами, учитывая норму среднесуточного потребления 380 г, составит 0,038 мг/чел./сут.

МДУок для рапса (зерно, масло) установлен на уровне 0,6 мг/кг, возможное поступление ГЭ-АЛК в организм человека с зерном рапса (учитывая норму потребления 38 г/сут) составит 0,023 мг/чел./сут, с маслом рапса (учитывая норму потребления 40 г/сут) — 0,024 мг/чел./сут.

МДУок для льна-долгунца (масло) установлен на уровне 0,6 мг/кг, возможное поступление ГЭ-АЛК в организм человека с маслом льна (учитывая норму потребления 40 г/сут) составит 0,024 мг/чел./сут.

Суммарное поступление 0,11 мг/чел./сут не превышает расчетного безопасного поступления с пищевыми продуктами — 3,85 мг/чел./сут (т. е. составляет 2,8%).

Таким образом, при ДСП 5,5 мг/чел./сут возможное суточное поступление ГЭ-АЛК в организм человека составит с пищевыми продуктами 0,11 мг (2% от ДСП), с водой — 0,3 мг (5,5% от ДСП), воздухом — 0,2 мг (3,6% от ДСП), в сумме — 11,1% от ДСП (таблица 1).

Таблица 1. — Вероятное поступления ГЭ-АЛК в организм человека с пищевыми продуктами, водой и воздухом

Среда	Гигиенический норматив ГЭ-АЛК	Удельное значение суточного поступления	Вероятное поступление ГЭ-АЛК	
			мг/чел./сут	% от ДСП
Пищевые продукты, в т. ч.:			0,11	2
Хлебные продукты	0,1 мг/кг	380 г	0,038	0,7
Масло рапса	0,6 мг/кг	40 г	0,024	0,44
Зерно рапса	0,6 мг/кг	38 г	0,023	0,42
Масло льна	0,6 мг/кг	40 г	0,024	0,44
Вода	0,1 г/дм <sup>3</sup>	3 л	0,3	5,5
Атмосферный воздух	0,01 г/м <sup>3</sup>	20 м <sup>3</sup>	0,2	3,6

Таким образом, нами обоснованы гигиенические нормативы ГЭ-АЛК: МДУок в зерне хлебных злаков — 0,1 мг/кг, рапс (зерно, масло), лен-долгунец (масло) — 0,6 мг/кг. Соблюдение установленных нормативов обеспечит безопасное для здоровья человека применение препарата «Эфаламин».

Методика определения ГЭ-АЛК в различных средах основана на его экстракции хлористым метилом, хлороформом или дихлорэтаном из пробы материала объекта окружающей среды (или из растительного сырья) с последующим анализом экстракта (смыва) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором типа «тройной квадруполь» (ВЭЖХ/МС/МС). Количественное определение проводили методом абсолютной калибровки.

*Выполнение экстракции из твердых образцов.* Пробу анализируемого образца сельхозпродукции массой 20–40 г измельчали. Точную навеску (М) переносили в плоскодонную колбу со шлифом вместимостью 100 мл и добавляли 50 мл хлористого метилена или хлороформа. Колбу плотно закрывали и устанавливали на перемешивающее устройство для экстракции в течение 30–60 мин. Далее отфильтровывали 20 мл экстракта в 20 мл виалку и испаряли экстрагент досуха. Испарение проводили в токе азота или естественным образом при 40°C в течение 12 ч. После испарения экстрагента в виалку вносили 1 мл ацетонитрила (или подвижной фазы) и растворяли осадок со дна и стенок 20 мл виалки. Раствор фильтровали в 2 мл виалки автосамплера через целлюлозные шприцевые фильтры с порами 0,2 мкм.

*Выполнение экстракции из жидких образцов.* Точный объем (М) исследуемой жидкости (вода, водные растворы) помещали в плоскодонную колбу со шлифом вместимостью 100 мл, насыщали хлоридом натрия, если необходимо подкисляли соляной кислотой до pH 4–5. Колбу плотно закрывали и устанавливали на перемешивающее устройство для экстракции в течение 20–40 мин. Затем отделяли 20 мл органической фазы в 20 мл виалку и испаряли экстрагент досуха. Испарение проводили в токе азота или естественным образом при 40 °C в течение 12 ч. После в виалку вносили 1 мл ацетонитрила (или подвижной фазы) и растворяли осадок со дна и стенок. Раствор фильтровали в 2 мл виалки автосамплера через целлюлозные шприцевые фильтры с порами 0,2 мкм.

Аналогичным образом готовили три контрольных образца, добавляя по 5; 10 и 20 мкл рабочего раствора к точным навескам измельченных образцов чистой (без применения ГЭ-АЛК) продукции растениеводства.

Отбор воздушной среды производили аспиратором в аллонжи в 5 мл дистиллированной воды при скорости потока воздуха 0,5 л/мин в течение 10 мин (отобрано 5 л воздуха). Отобранные пробы анализировали в дальнейшем без дополнительной подготовки.

*Подготовка подвижной фазы для ВЭЖХ.* В мерной колбе вместимостью 100–1000 мл готовили требуемое количество мобильной фазы следующего состава: 20 мл раствор формиата аммония + 0,1% муравьиной кислоты в смеси вода/метанол (15/85% по объему). Перед применением мобильную фазу фильтровали через мембранный фильтр с порами 0,45 или 0,2 мкм.

Кондиционирование хроматографической колонки. Хроматографическую колонку промывали подвижной фазой в течение 15–30 мин при скорости подачи растворителя 0,5 мл/мин до установления стабильной базовой линии.

*Приготовление градуировочных растворов.* Градуировочные растворы № L1÷L5 готовили объемным методом путем разбавления рабочего раствора с концентрацией ГЭ-АЛК 100 нг/мл (таблица 2). Растворы № L1÷L5 хранили в холодильнике при 4°C не более 7 дней.

Таблица 2. — Схема приготовления градуировочных растворов

Уровень калибровки	L1	L2	L3	L4	L5
Концентрация ГЭ-АЛК, нг/мл	2	5	10	20	50
Объем рабочего раствора, мкл	20	50	100	200	500
Объем ацетонитрила, мкл	980	950	900	800	500

*Установление градуировочной характеристики.* Градуировочную характеристику, выражающую зависимость площади пика (относительные единицы) от концентрации ГЭ-АЛК в растворе (нг/мл), устанавливали методом абсолютной калибровки по пяти растворам для градуировки № L1÷L5. Также для калибровки использовали рабочий раствор (L6, 100 нг/мл). В инжектор хроматографа вводили по 10 мкл каждого градуировочного раствора и анализировали в предлагаемых условиях хроматографирования (таблица 3). Построение калибровочной кривой проводили с использованием возможностей программного обеспечения системы, включающего в себя основные параметры валидации методики измерений.

*Условия хроматографирования.* Экстракты из образцов и контрольные образцы анализировали с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1200 RRLC с масс-детектором Agilent 6410 Triple Quad при параметрах, приведенных в таблице 3.

Таблица 3. — Рекомендуемые параметры анализа определения ГЭ-АЛК для Agilent 1200 RRLC /6410 QQQ

1200 RRLC	6410 QQQ
Колонка: XDB-C18 (4,6×50 мм; 1,8 мкм)	Регистрация положительных ионов, ESI
Мобильная фаза: 20 мМ раствор формиата аммония + 0,1% муравьиной кислоты в смеси вода/ацетонитрил (15/85%)	Тип сканирования: MRM Молекулярный ион: 406.5 а.е. Основной ион фрагментации: 251 а.е. Энергия соударений: 20 ед.
Градиент: Изократический режим	Время сканирования: 200 мс
Скорость элюирования: 0,5 мл/мин	Температура источника ионов: 350°C
Время анализа: 5 мин	Расход азота: 10 л/мин
Температура колонки: 35°C	Давление в распылителе: 30 psi
Объем инъекции: 10 мкл	Напряжение на капилляре: 4000 вольт

Экстракты образцов, дающие на хроматограммах пики большие, чем градуировочный раствор ГЭ-АЛК с концентрацией 100 нг/мл, разбавляли ацетонитрилом и анализировали повторно. Все разбавления учитывали при обработке результатов анализа.

Обработка результатов анализа. Содержание ГЭ-АЛК в пробе рассчитывали по формуле(1):

$$C = A \times V / M,$$

где С — концентрация ГЭ-АЛК в пробе, мкг/кг;

А — концентрация ГЭ-АЛК, найденная по градуировочному графику в соответствии с величиной площади хроматографического пика, нг/мл;

V — объем экстракта, подготовленного для хроматографирования, мл;

M — навеска анализируемого образца.

*Избирательность метода.* В предлагаемых условиях метод специфичен в присутствии алифатических, ароматических и галогенсодержащих соединений, нефтепродуктов, других возможных органических веществ, других средств защиты растений, применяемых при возделывании зерновых, льна, рапса, а также семенного материала овощей (огурцов, томатов, перца, баклажанов) открытого и закрытого грунта.

При экспозиции образцов естественного грунта обработанного ГЭ-АЛК в течение 1–2 мес. с последующей экстракцией изучаемое соединение не обнаруживается. Это обусловлено, во-первых, как отмечалось выше, гидролизом эфирной

связи, а во-вторых, по-видимому, утилизацией ГЭ-АЛК микроорганизмами. Также не обнаружены остаточные количества ГЭ-АЛК в растительных материалах после вегетационного периода, что может быть обусловлено предельным разбавлением «Эфаламина» в объектах окружающей среды, гидролизом и биопревращениями.

При исследовании образцов почвы, воды и растительного сырья ГЭ-АЛК обнаруживается на уровне 70–83% от внесенного количества (таблица 4).

Таблица 4. — Параметры извлечения ГЭ-АЛК из объектов окружающей среды и растительного сырья

Объект	Внесено ГЭ-АЛК, мкг/кг	Обнаружено ГЭ-АЛК, мкг/кг	Полнота извлечения, %
Почва	0,5	0,36±0,04	71,6
Почва	1,0	0,81±0,08	81,2
Вода	0,5	0,34±0,04	67,6
Вода	1,0	0,82±0,09	81,2
Семена ячменя	0,5	0,35±0,05	69,6
Семена ячменя	1,0	0,81±0,1	80,8
Семена льна	0,5	0,37±0,04	74,0
Семена льна	1,0	0,82±0,08	81,4
Семена рапса	0,5	0,36±0,04	72,4
Семена рапса	1,0	0,84±0,08	83,2

При исследовании отобранных проб воздуха во время ингаляционной затравки достигнута максимально возможная концентрация водного аэрозоля ГЭ-АЛК, равная 72,2 мг/м<sup>3</sup> [7].

*Характеристики метода.* Нижний предел обнаружения ГЭ-АЛК в растительном сырье и почве составляет 0,01 мкг/кг, в воде — 0,01 мкг/л, в воздухе — 0,01 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует принятым требованиям к методикам определения вредных веществ при оценке гигиенических регламентов (не более 1/2 от установленного гигиенического норматива). Диапазон количественно определяемых концентраций: 0,02–10,0 мкг/кг (мкг/л). Полнота извлечения из твердых и жидких матриц составила 70–83 %. Стандартное отклонение метода составляет не более 10%.

**Заключение.** Величины максимально допустимого уровня остаточных количеств ГЭ-АЛК в сельскохозяйственной продукции составляют: зерно хлебных злаков — 0,1 мг/кг, рапс (зерно, масло), лен-долгунец (масло) — 0,6 мг/кг. Соблюдение установленных нормативов обеспечит безопасное для здоровья человека применение препарата «Эфаламин».

Разработана методика определения ГЭ-АЛК в объектах среды обитания человека и сельскохозяйственной продукции. Нижний предел обнаружения (в растительном сырье и почве составляет 0,01 мкг/кг, в воде — 0,01 мкг/л, в воздухе — 0,01 мг/м<sup>3</sup>) позволяет обеспечить контроль гигиенических нормативов ГЭ-АЛК (ОБУВ в.р.з., ОБУВ с.с., ОДУ в воде, ОДК в почве, МДУок) в продуктах питания.

#### Литература

1. Пат. 16176 Республика Беларусь, МПК С07С 213/00, С07С 219/04. Способ получения гидрохлорида гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты / И.В. Тростяноко, В.И. Долгопалец, М.А. Кисель, Ф.А. Лахвич; заяв. Гос. науч. учреждение «Ин-т биоорг. химии Нац. акад. наук Беларуси». — Заявл. 03.12.2009, опубл. 27.04.2012.
2. Стимуляция роста и развития растений ячменя липофильными эфирами 5-аминолевулиновой кислоты / С.Г. Спивак [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. — 2007. — Т. 51, № 5. — С. 95–99.
3. Применение инкрустирующих составов на основе гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты для стимуляции роста и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур / Е.Б. Яронская [и др.] // Фитогормоны, гуминовые вещества и другие биорациональные пестициды в сельском хозяйстве: сб. материалов конф. «Radostim 2011» / Ин-т биоорг. химии НАН Беларуси. — Минск, 2011. — С. 193–194.
4. Влияние инкрустирующих составов на основе гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты на рост и продуктивность растений льна-долгунца (*Linum usitatissimum L.*) / Е.Л. Недведь [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: сб. ст. междунар. науч. конф.: в 2 ч. — Минск, 2012. — Ч. 2. — С. 65–67.
5. Научное обоснование ряда гигиенических регламентов содержания гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в объектах среды обитания человека / Е.К. Власенко [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск, 2015. — Т. 2, вып. 25. — С. 82–87.
6. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов. № 4263-87 / ВНИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимеров и пластмасс; сост. Е.А. Антонова [и др.]. — Киев, 1988. — С.55–67.
7. Токсикологическая оценка гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты при различных путях и режимах однократного воздействия / Е.К. Власенко [и др.] // Тр. БГУ. — 2014. — Т. 9, ч. 2. — С. 218–223.

### SCIENTIFIC BASIS OF MAXIMUM PERMISSIBLE LEVELS OF HEXYL ESTER OF 5-AMINOLEVULINIC ACID IN FOOD RAW MATERIALS AND DEVELOPMENT OF ITS DETERMINATION TECHNIQUES IN HUMAN ENVIRONMENT OBJECTS

*Vlasenko E.K.<sup>1</sup>, Grynchak V.A.<sup>1</sup>, Popel A.A.<sup>1</sup>, Kisel M.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Scientific Institution “Institute of Bioorganic Chemistry of National Academy of Sciences”, Minsk, Republic of Belarus

The maximum permissible levels of the active ingredient of plants growth regulator “Efalamin” — hexyl ester of 5-aminolevulinic acid in cereal grains, oilseed rape (corn, oil) and flax (oil) have been scientifically substantiated on the basis of toxicological and hygienic assessment. The method for determining the hexyl ester of 5-aminolevulinic acid has been developed,

which allows controlling the compliance with its safe levels amounts in the human environment objects (air, water, soil) and crop production.

**Keywords:** hexyl ester of 5-aminolevulinic acid, maximum permissible levels, method of determination.

Поступила 19.07.2016

## ИЗУЧЕНИЕ МУТАГЕННЫХ И ЦИТОТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВАРИЙНО ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РЯДА НИТРИЛОВ В ОПЫТАХ *IN VIVO/IN VITRO*

Деменкова Т.В., Анисович М.В., Лисовская Г.В., Войтович А.М.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В остром эксперименте *in vivo* ацетонциангидрин, ацетонитрил, нитрил акриловой кислоты не оказывали мутагенного действия на клетки костного мозга мышей. Указанные соединения в опытах *in vitro* обладали выраженным цитотоксическим эффектом.

**Ключевые слова:** ацетонциангидрин, ацетонитрил, нитрил акриловой кислоты, цитогенетические повреждения, цитотоксическое действие.

**Введение.** Особенностью чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийно опасными химическими веществами, является превышение допустимых уровней содержания токсикантов в воздухе и воде на несколько порядков. Еще серьезнее проявление неблагоприятных химически обусловленных эффектов в последующих поколениях.

Значительное влияние на распространенность острых и хронических отравлений химической этиологии (включая массовые интоксикации) оказывают чрезвычайные ситуации природного, техногенного и иного характера, где в качестве повреждающего фактора выступают химические вещества, в т. ч. цианид-содержащие соединения.

Объектами исследований послужили три наиболее опасные для условий аварийного загрязнения водных ресурсов в Республике Беларусь представителя из класса нитрилов: ацетонциангидрин, нитрил акриловой кислоты и ацетонитрил.

**Цель работы** — изучение последствий воздействия аварийно опасных химических соединений: мутагенного потенциала *in vivo* и цитотоксических свойств *in vitro* ацетонциангидрина, ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты [1, 2].

**Материалы и методы.** Изучение мутагенности проводили метафазным методом. Для оценки потенциального мутагенного действия веществ использован учет aberrаций хромосом метафазным методом *in vivo*. Ацетонциангидрин, ацетонитрил, нитрил акриловой кислоты вводили внутрижелудочно в дозе, соответствующей 1/10 LD<sub>50</sub> (1,4; 17,5 и 7,8 мг/кг соответственно). Группе животных положительного контроля вводили 0,16 мг/кг митомицина С (минимальная эффективная доза для данного мутагена). Забой животных производили через 24 ч путем цервикальной транслокации шейных позвонков. Исследования проводились с учетом принципов, изложенных в Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях.

**Приготовление препаратов клеток костного мозга для метафазного анализа:** 0,1% раствор колхицина вводили мышам внутривентриально в объеме 0,1–0,2 мл. Через 1 ч животных умерщвляли путем дислокации шейных позвонков, извлекали бедренные кости и, срезав эпифиз, вымывали костный мозг гипотоническим раствором и фиксировали смесью метанола и ледяной уксусной кислоты (3:1).

Окраску препаратов производили по рутинной методике красителем Гимза (Merck) и анализировали при помощи светового микроскопа Axioscop-40 (x1000).

В каждой серии были проанализированы препараты от 4–5 животных, по 100 метафазных пластинок от каждого животного. Учитывали все встречающиеся виды aberrаций хромосом согласно рекомендациям ВОЗ и ЕРА.

Изучение влияния ацетонциангидрина, ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты на выживаемость клеточной культуры в условиях длительного воздействия проводили в опытах на культуре клеток эмбриональных фибробластов мыши. Для изучения процессов роста клетки высевали при редкой плотности (5–7 клеток на 1 мм<sup>2</sup>) в сосудах Карреля на специально изготовленных стеклянных вкладышах с квадратными (1×1 мм) ростовыми площадями, разделенными бороздками шириной 0,2 мм и глубиной 0,05 мм. Клетки культивировали при 37°C в течение 1 сут, затем при помощи инвертированного микроскопа подсчитывали общее их количество. Фибробласты выращивали в среде ДМЕМ с добавлением 10% эмбриональной телячьей сыворотки.

**Результаты и их обсуждение.** Уровни aberrантных клеток у животных опытной группы не превышали таковые в контроле. В то же время при использовании классического мутагена — митомицина С (положительный контроль) — было получено статистически достоверное увеличение количества aberrантных клеток по сравнению со спонтанным уровнем (таблица 1).

Таблица 1. — Aberrации хромосом в клетках костного мозга через 24 ч после введения препаратов

Вариант воздействия	Число животных	Анализировано клеток	Число aberrантных клеток, %
Контроль	5	500	0,56±0,25
1	5	500	0,40±0,28
2	5	500	0,55±0,24
3	5	500	0,47±0,22
Положительный контроль	5	500	1,37±0,40

Возможно, изученные вещества не оказывали генотоксического действия, т. к. при метафазном методе гибель клеток, несущих потенциальные летальные повреждения, не регистрировалась.

Такая гибель подтверждается в экспериментах на культуре клеток. Установлено, что ацетонциангидрин и нитрил акриловой кислоты в тестах *in vitro* даже в небольших концентрациях (0,01%) обладают выраженным цитотоксическим действием, тормозя, а затем полностью угнетая жизнеспособность клеток (таблица 2).

Таблица 2. — Влияние нитрилов на пролиферативный потенциал клеток фибробластов мыши

Группы сравнения	Количество клеток в 30 случайно выбранных квадратах		
	до внесения нитрилов	1 сут воздействия	6 сут воздействия
Контроль	260±29	315	390
Контроль этанол 0,1%	235	310	515
Ацетонитрил 0,1%	240	190	23
Ацетонитрил 0,01%	265	201	97
Акрилонитрил 0,1%	260	50	0
Акрилонитрил 0,01%	301	142	24
Ацетонциангидрин 0,1%	285	0	0
Ацетонциангидрин 0,01%	289	111	0

**Заключение.** Ацетонциангидрин, ацетонитрил, нитрил акриловой кислоты в дозах, равных 1/10 LD<sub>50</sub> для этих веществ, не индуцируют цитогенетические повреждения в клетках костного мозга лабораторных животных (мышей), но оказывают цитотоксический эффект на культуру эмбриональных фибробластов мыши.

#### Литература

1. The level of aberrant cells in various tissues of bank vole depending on doses and radionuclide balance in organism / A.M. Voitovich [et al.] // *Cytol. Gen.* — 2003. — Vol. 37, № 4. — P. 10–15.
2. 24-эпибрассинолид модифицирует пролиферацию и апоптоз эмбриональных фибробластов / И.И. Конева [и др.] // *Новости мед.-биол. наук (News of Biomedical Sciences)*. — 2005. — № 2. — С. 112–117.

### MUTAGENIC AND CYTOTOXIC PROPERTIES RESEARCH OF HAZARDOUS CHEMICAL COMPOUNDS FOR THE PERIOD EMERGENCIES IN IN VIVO/IN VITRO EXPERIMENTS

*Demenkova T.V., Anisovich M.V., Lisovskaya G.V.,*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

Acute experiment *in vivo* showed that acetone cyanohydrin, acrylonitrile, acetonitril have not the cytogenetic effect on mice bone marrow cells. *In vitro* these chemicals stimulate the process cell terminal differentiation and death.

**Keywords:** acetone cyanohydrin, acrylonitrile, acetonitril, cytogenetic effect, cell death, differentiation.

Поступила 25.07.2016

### МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИЗОСОМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЕЧЕНИ ПРИ ВНЕПЕЧЕНОЧНОМ ХОЛЕСТАЗЕ В СТАДИЮ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

*Зиновкина В.Ю.<sup>1</sup>, Глинская Т.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup>*Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В комплексном экспериментальном исследовании лизосомальной системы клеток печени дана оценка морфофункциональным изменениям лизосомальной системы гепатоцитов в ходе развития внепеченочного холестаза и определены ведущие механизмы формирования компенсаторно-приспособительных реакций органелл на стадии устойчивого функционирования органа (вторая стадия).

**Ключевые слова:** печень, внепеченочный холестаз, стадия компенсации, лизосомы.

**Введение.** Патогенетические особенности различных поражений печени и развитие компенсаторно-приспособительных процессов органа во многом связаны с внутриорганойдной перестройкой лизосомальной системы гепатоцитов. Лизосомы вносят существенный вклад в процессы повреждения, регенерации и репарации клеток печени и на определенном этапе в совокупности с другими органеллами обеспечивают устойчивое функционирование клеток печени [1]. Комплексное изучение неоднородной лизосомальной системы гепатоцитов (ЛС) на экспериментальных моделях патологии печени позволяет дать оценку ее морфофункциональным изменениям и определить механизмы формирования компенсаторно-приспособительных реакций на субклеточном уровне. Изучение механизмов, способствующих устойчивому функционированию печени (вторая стадия) на фоне нарастающего желчеза и эндогенной интоксикации на субклеточном уровне на модели внепеченочного холестаза, является актуальным для практической и экспериментальной медицины.

**Цель работы** — изучение особенностей морфофункционального состояния лизосомальной системы гепатоцитов и механизмы формирования компенсаторно-приспособительных реакций на субклеточном уровне в стадию устойчивой компенсации (вторая стадия) при холестатическом поражении печени в условиях эксперимента.

**Материалы и методы.** Эксперимент проведен на белых беспородных крысах-самцах с соблюдением требований «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и научных целей» (Страсбург, 1986).

Функциональное состояние лизосом печени оценивалось по общей (ОА), свободной (СА), неседиментируемой (НА) активности и отношению НА/ОА тканевых гидролаз: кислой дезоксирибонуклеазы (К.ДНК-азы), кислой рибонуклеазы (К.РНК-азы), кислых катепсинов (К.К) и β-Д-галактозидазы (β-Д-гал), кислой фосфатазы (К.Ф) и гидролаз в сыворотке кро-

ви [2]. Для оценки состояния лизосомальных мембран определялся коэффициент НА/ОА и чувствительность мембран лизосом к нарастающим концентрациям неионного детергента тритона X-100 [2]. Резервные возможности субклеточных структур оценивались по нагрузочной пробе с применением интрагастрального введения «ударной» дозы ( $DL_{50}$ , 1/3) гепатотропного яда — СС<sub>14</sub> [2]. Ультраструктурные изменения ЛЗ изучали на полутонких срезах печени (25–30 электронограмм (ЭГ), взятых от 3-х животных каждой серии). Определяли общее количество ЛЗ в одной ЭГ, содержание первичных и вторичных форм. Для анализа результатов электронно-микроскопических исследований субпопуляционных сдвигов лизосомальной системы печени (ЛС) в эксперименте при внепеченочном холестазах (ВХ) использовался информационный анализ: определялась энтропия — Н как показатель степени однородности системы и избыточность — R, отражающая состояние резервных возможностей системы. С этой целью проводилось построение гистограмм распределения первичных и вторичных лизосом (ЛЗ) по логарифмам их площадей [3].

Статистическая обработка материалов проводилась с использованием критерия t Стьюдента.

**Результаты и их обсуждение.** В условиях нарастающего желчестаза в стадию устойчивого функционирования печени — вторая стадия: начало 1-й недели (7-е сут) исход 2-й недели (14-е сут) внепеченочного холестаза по сравнению с предыдущим этапом эксперимента (острый период 12 ч — 3 дня) наблюдалось улучшение состояния экспериментальных животных, снижалась их гибель, уменьшалась степень гипербилирубинемии, активизировались детоксикационные процессы, снижалась эндогенная интоксикация, улучшалось функциональное состояние лизосомальной системы печени, отмечалась стабилизация лизосомальных мембран, повышались резервные возможности органелл. На 7-е сут от начала эксперимента резко снижалась неседиментируемая активность большинства гидролаз печени по сравнению с острым периодом, но не достигала исходного уровня: НА К.К — на 187% ( $p < 0,01$ ), К.РНК-азы — на 145% ( $p < 0,05$ ), К.ДНК-азы — на 116% ( $p < 0,05$ ),  $\beta$ -Д-гал. — на 102% ( $p < 0,05$ ), К.Ф — на 45%, ( $p > 0,05$ ). Несколько понижалась по сравнению с предыдущим сроком СА лизосомальных гидролаз — на 18–68%. Общая активность ферментов, по которой косвенно можно судить об интенсивности синтеза гидролаз и (или) самих лизосом, для всех кислых гидролаз увеличивалась, особенно заметно для К.РНК-азы (на 58%,  $p < 0,01$ ). Отношение НА/ОА, отражающее степень проницаемости мембран лизосом, снижалось, не достигая исходных значений, для К.К и К.ДНК-азы. Значения данного показателя для других ферментов не носили достоверных отличий от контрольного уровня ( $p > 0,05$ ). Содержание гидролаз в сыворотке крови устанавливалось на относительно постоянном, существенно более низком по сравнению с острым периодом, хотя и повышенном по сравнению с контролем, уровне. Активности К.К и К.ДНК-азы значительно снизились, но оставались на повышенном уровне по сравнению с контролем: на 133,0 ( $p < 0,05$ ) и 43,5% ( $p < 0,05$ ) соответственно превышали его.

На 14-е сут эксперимента НА К.К, К.РНК-азы, К.ДНК-азы продолжала снижаться. СА и ОА большинства гидролаз печени достоверно не изменялись, хотя удерживались на повышенном по сравнению с исходным уровне. Проницаемость мембран продолжала постепенно снижаться для К.К и К.ДНК-азы ( $p > 0,05$ ). Отношения НА/ОА К.РНК-азы,  $\beta$ -Д-гал., К.Ф превосходили контрольные значения в 1,3 ( $p > 0,05$ ), 1,5 ( $p < 0,05$ ) и 1,3 ( $p < 0,05$ ) раза соответственно. Вновь отмечалось увеличение активности К.К и К.ДНК-азы в сыворотке крови, которые возросли до 308,1 ( $p < 0,05$ ) и 230,0% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

Отношение неседиментируемой активности к общей активности (НА/ОА) кислых гидролаз как показатель состояния мембран лизосом выявляло разнонаправленные изменения мембранной проницаемости. Для более точной и полной их оценки проведен тест на определение устойчивости мембран органелл к действию повреждающего фактора, в качестве которого был выбран неионный детергент тритон X-100.

Изучена активность кислых нуклеаз (К.ДНК-азы и К.РНК-азы) в супернатанте при воздействии тритона X-100. На 7-е сут внепеченочного холестаза максимальный выход в супернатант обеих нуклеаз отмечался при значительно большей концентрации тритона (0,5%), чем в контроле (0,2%). Активность К.ДНК-азы и К.РНК-азы при концентрации тритона 0,01–0,2% практически соответствовала контрольным значениям, а максимальный уровень существенно превышал контрольный. К исходу второй недели ВХ отмечалось повторное снижение устойчивости лизосомальных мембран к повреждающим воздействиям неионного детергента.

Изменение резервных возможностей лизосомальной системы клеток печени в динамике развития внепеченочного холестаза оценивалось по нагрузочной пробе с применением интрагастрального введения «ударной» дозы ( $DL_{50}$ , 1/3) гепатотропного яда — СС<sub>14</sub>.

На 7-е сут ВХ (начальный этап второй стадии) интрагастральное введение гепатотропного яда — «ударная» нагрузка, вызывала значительное увеличение ОА всех изучаемых гидролаз (К.К — на 46,7%,  $p < 0,01$ ; К.РНК-азы — на 102,3%,  $p < 0,01$ ; К. ДНК-азы — на 34,2%,  $p < 0,05$ ;  $\beta$ -Д-гал. — на 49,0%,  $p < 0,01$ ; К.Ф — на 20,9%,  $p < 0,01$ ). Проницаемость мембран органелл для большинства гидролаз снижалась. Отношение НА/ОА кислых гидролаз становились ниже уровня в сравнении с донагрузочным — на 21,0–34,8% ( $p < 0,05$ ) или имело тенденцию к снижению. К концу второй стадии ВХ (14-е сут) реакция на интрагастральное введение СС<sub>14</sub> была выражена в меньшей степени. ОА большинства изучаемых ферментов по сравнению с донагрузочным уровнем практически не менялась или прирост активности был менее значителен и статистически не достоверен. Кислые гидролазы: К.К, К. ДНК-аза,  $\beta$ -Д-гал., К.Ф сохраняли способность реагировать на действие СС<sub>14</sub> повышением НА и СА. Отношение НА/ОА, отражающее проницаемость лизосомальных мембран, возросло и составило для К.К — 123,4% ( $p > 0,05$ ), К. ДНК-азы — 156,3% ( $p < 0,05$ ),  $\beta$ -Д-гал. — 134,2% ( $p < 0,05$ ), К.Ф — 153,1% ( $p < 0,01$ ).

Ультраструктурное изучение лизосомальной системы гепатоцитов и морфометрический анализ позволили также выявить формирование долговременных реакций компенсации, которые на субклеточном уровне проявлялись увеличением синтеза первичных органелл, активно участвующих в резорбции желчных и липидных структур и синтезе гликогена. На 7-е сут внепеченочного холестаза общее количество ЛЗ значительно возросло по сравнению с интактным контролем и первой стадией патологического процесса (в 1,35 раза) и составило 135,0%. Увеличение популяции ЛЗ происходило за счет субпопуляции первичных форм (их число в поле зрения равнялось 10–16). Соотношение «первичные/вторичные» ЛЗ составило 68,9:31,1%. К исходу второй стадии, на 14-е сут, ультраструктурные изменения характеризовались снижением общего числа ЛЗ на фоне преобладания первичных форм и увеличением числа вторичных, преимущественно аутофаголизосом, число которых в поле зрения доходило до 4–5. Соотношение «первичные/вторичные» формы составило 58,5:41,5%. Отмечено появление огромных ламеллярных структур.

Для информационного анализа результатов электронно-микроскопических исследований лизосомальной системы гепатоцитов при внепеченочном холестазе проведено построение гистограмм распределения первичных и вторичных лизосом по логарифмам их площади. С 7-го по 14-й день отмечалось уменьшение средней площади первичных лизосом (на 17 и 21,7% соответственно,  $p < 0,01$ ), главным образом за счет увеличения в популяции мелких форм 1–2 классов и продолжающееся резко выраженное увеличение средней площади вторичных лизосом. Доля наиболее активных форм 4–5 классов, преобладающая в контроле, на 7-е сут была равна контрольным значениям, а к 14-м сут несколько уменьшалась. В субпопуляции вторичных лизосом число относительно небольших органелл 5–6 классов, преобладавших в контроле, в изучаемый период ВХ резко снижалось: на 7-е сут — в 4,5 и 6 раз соответственно и на 14-е сут — в 10,0 и 6,6 раза соответственно ( $p < 0,01$ ). Более высокий удельный вес занимали крупные формы, соответствовавшие 17–20 классам гистограммы, что обуславливалось появлением «гигантских» аутофаголизосом на 14-е сут ВХ.

Интегральные показатели (энтропия, избыточность) на 7-е сут развития внепеченочного холестаза позволили выявить снижение однородности системы первичных лизосом (Н — возростала) и снижение резервных их возможностей (R — снижалась) в 1,1 раза по сравнению с контролем на фоне значительного повышения числа первичных форм, а по сравнению с предыдущим этапом развития ВХ отмечалось улучшение данных показателей (повышались однородность и резервные возможности ЛЗ). В субпопуляции вторичных форм по сравнению с контролем энтропия (Н) возросла в 3,39 раза, избыточность (R) снизилась в 1,9 раза, что свидетельствовало о повышении разнообразия системы вторичных органелл и снижения их резервных возможностей. К концу второй стадии ВХ (14-е сут), несмотря на преобладание в субпопуляции органелл первичных форм, степень их разнообразия продолжала нарастать и превосходила контроль в 1,14 раза, резервные возможности снижались в 1,15 раза. Для вторичных ЛЗ энтропия превышала контроль в 1,86 раза, избыточность снижалась в 3,39 раза.

Таблица — Информационные показатели популяции лизосом, субпопуляций первичных и вторичных форм у контрольных крыс, крыс с 1- и 2-недельным внепеченочным холестазом

Группы животных	Первичные формы лизосом		Вторичные формы лизосом		Первичные + вторичные формы лизосом	
	Н	R	Н	R	Н	R
Контрольные животные	2,1042	51,3	1,9510	54,85	2,2198	48,60
Холестаз 1 неделя	2,2936	46,93	3,0766	28,81	3,7885	26,30
Холестаз 2 недели	2,3911	44,60	3,6230	16,18	3,6970	14,50

Изучение соотношения числа первичных и вторичных лизосом и интегральных показателей позволило установить следующее. Число первичных форм в течение 2-й недели внепеченочного холестаза значительно уменьшалось и приближалось к контрольному уровню. Энтропия субпопуляции первичных лизосом в течение всего этого периода менялась мало, гетерогенность субпопуляции вторичных лизосом продолжала еще более значительно нарастать и достигала к 14-м сут своего максимального выражения. Резервные возможности системы вторичных лизосом резко снижались к 14-м сут патологического процесса.

**Заключение.** Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. В комплексном изучении морфофункционального состояния лизосомальной системы печени во вторую стадию внепеченочного холестаза установлено формирование компенсаторно-приспособительных реакций на субклеточном уровне, которые не только нивелируют результат «полома», повреждения этой системы, возникающего на первом этапе заболевания, но создают определенный «запас прочности», позволяющий органеллам какое-то время, несмотря на прогрессирующий процесс, выполнять свои функции.

2. Основу стадии компенсации (вторая стадия) на субклеточном уровне при внепеченочном холестазе составляет формирование долговременных механизмов компенсации, выражающихся: на структурном уровне — во внутриклеточных регенераторных процессах: усиление синтеза первичных лизосом, активация ауто-и гетерофагических процессов, активная резорбция желчных и липидных структур, активация синтеза гликогена из липидов, улучшение интегральных показателей информационного анализа; на функциональном уровне — повышение синтеза лизосомальных гидролаз, уменьшение проницаемости лизосомальных мембран, повышение устойчивости мембран органелл к действию повреждающего фактора (неионный детергент тритон X-100) и увеличению резервных возможностей лизосом, выявляемые с помощью «ударной» нагрузки  $CCl_4$ .

3. Степень выраженности этих реакций на протяжении второй стадии изменялась. Более выражены были реакции компенсации на 7-е сут внепеченочного холестаза на фоне активации синтеза лизосом и снижались к 14-м сут патологического процесса в результате постепенного угасания интенсивности синтеза лизосомальных гидролаз и уменьшении численного состава первичных органелл.

4. Компенсаторно-приспособительные реакции лизосомальной системы в начале второй стадии (7-е сут) были обусловлены преимущественно внутриорганойдной регенерацией лизосом, усиленным синтезом органелл и лизосомальных гидролаз, умеренной активацией ауто-и гетерофагических процессов. К исходу второй стадии внепеченочного холестаза (на 14-е сут) компенсаторно-приспособительные процессы осуществлялись уже за счет усиленного расходования первичных лизосом на гетеро-и аутофагические процессы, резорбцию желчных и липидных структур и синтез гликогена из липидов.

5. Интегральные показатели (энтропия и избыточность) первичных и вторичных лизосом, полученные в результате информационного анализа, отражали характер структурных перестроек лизосомальной системы гепатоцитов в ходе участия органелл во внутриклеточных процессах на фоне нарастающего желчестазы.

#### Литература

1. Покровский, А.А. Лизосомы / А.А. Покровский, В.А. Тутельян. — М.: Наука, 1976. — 382 с.

2. Хронические поражения печени холестаической и токсической природы (патогенетические аспекты) / А.А. Кривчик [ и др. ]. — Минск: БГМУ, 2004. — 183с.

3. Леонтьук, А.С. Информационный анализ в морфологических исследованиях / А.С. Леонтьук, Л.А.Леонтьук, А.И. Сыкало. — Минск: Наука и техника, 1981. — 160 с.

## MORPHO-FUNCTIONAL STATUS OF THE LIVER LYSOSOMAL SYSTEM IN EXTRAHEPATIC CHOLESTASIS AT THE STAGE OF ORGAN SUSTAINABLE FUNCTIONALITY IN THE EXPERIMENT

Zinovkina V.Yu.<sup>1</sup>, Glinskaya T.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Institution "Republican Scientific & Practical Center for Transfusiology & Medical biotechnologies", Minsk, Republic of Belarus

The morpho-functional changes assessment of the hepatocyte lysosomal system in the extrahepatic cholestasis process have been carried out in the complex experimental research of liver cells lysosomal system. The mechanisms of compensatory and adaptive processes formation at the stage of organ sustainable functionality (second stage) have been determined.

**Keywords:** liver, extrahepatic cholestasis, stage of compensation, lysosomes.

Поступила 18.07.2016

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ГЕНЕРИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДНЫХ ПРОДУКТОВ

Ильюкова И.И., Грынчак В.А., Анисович М.В., Попель А.А., Васильева М.М.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье приведены результаты экспериментальных исследований токсикологического профиля тебуконазола технического 97% производства Китай с целью установления эквивалентности патентованному препарату.

**Ключевые слова:** эквивалентность, дженерики, острая токсичность, пестицидный продукт, тебуконазол технический 97% производства Китай, параметры острой токсичности, субхроническая токсичность, раздражающее и сенсибилизирующее действие, методы ОЭСР.

**Введение.** Среди антропогенных химических загрязнителей производственной и окружающей среды выделяются пестициды, широкое использование которых в сельском хозяйстве обеспечивает повышение объема производимой сельскохозяйственной продукции. В Республике Беларусь, как и во всех развитых странах, отмечена тенденция к увеличению использования пестицидов-генериков. Для гигиенической оценки риска здоровью при проведении регистрационных испытаний непатентованных средств защиты растений возникает необходимость установить эквивалентность пестицидного генерика в сравнении с оригинальным препаратом.

Что же подразумевается под термином «эквивалентность» в случае гигиенической оценки безопасности? Эквивалентными считаются пестицидные препараты, имеющие сопоставимый качественный и количественный состав действующих веществ, состав вспомогательных веществ, препаративную форму, норму расхода, способ применения и совпадение токсикологического профиля. Принципы установления эквивалентности подробно изложены в «Руководстве по разработке и использованию спецификаций ФАО и ВОЗ по пестицидам» [1]. Национальные органы по регистрационным испытаниям пестицидов должны разрабатывать критерии для установления эквивалентности непатентованных пестицидных продуктов, выпущенных разными производителями. Установление эквивалентности рекомендуется использовать в качестве одного из этапов регистрации непатентованных пестицидов, при этом необходимо доказать сравнимость показателей безопасности с референтным пестицидом. Считается, что если эквивалентность доказана, то все показатели эффективности и безопасности исследуемого генерика сопоставимы с оригинальным препаратом. По показателям безопасности установление эквивалентности/биоэквивалентности базируется в основном на результатах испытаний острой токсичности, мутагенности, субхронической токсичности, раздражающего и сенсибилизирующего действия.

В настоящей работе представлены результаты определения эквивалентности по токсикологическому профилю технического продукта тебуконазол 97% производства Китай, референтному препарату.

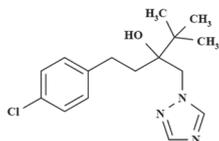
**Цель работы** — определение по токсикологическому профилю эквивалентности технического продукта тебуконазол 97% производства Китай, референтному препарату [2].

В процессе выполнения работы решались следующие задачи: изучить в токсикологических экспериментах на лабораторных животных острую (оральная, дермальная) токсичность, кожно-раздражающее, ирритативное и сенсибилизирующее действие технического тебуконазола 97%, изучить субхроническую токсичность в 13-недельном эксперименте; выявить особенности и ограничения метода в отношении объектов исследований.

**Материалы и методы.** Исследованиям подвергался тебуконазол технический 97%, производства Китай. Физико-химические свойства:

ISO: тебуконазол, IUPAC: (RS)-1-р-хлорофенил-4,4-диметил-3-(1H-1,2,4-триазол-1-илметил)пентан-3-ол, CA: (±)-α-[2-(4-хлорофенил)этил]-α-(1,1-диметилэтил)-1H-1,2,4-триазол-1-этанол, CAS: 107534-96-3, ЕС № (EINECS или ELINCS): 403-640-2.

Структурная формула



Эмпирическая формула:  $C_{16}H_{22}ClN_3O$ , молекулярная масса: 307,8 г/моль, давление паров в мм рт. ст. при t 20°C и 40°C (чистота 99,1%):  $1,3 \times 10^{-6}$  Па при 20°C;  $3,1 \times 10^{-6}$  Па при 25°C; константа закона Генри:  $1 \times 10^{-5}$  Па м<sup>3</sup>/моль при 20°C. Растворимость в воде (20°C, чистота 99,5%): 38 мг/л при pH = 5,3; 36 мг/л при pH = 7,2, 36 мг/л; при pH = 9,4. Растворимость в воде не подвержена влиянию pH в диапазоне pH от 5 до 9.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с положениями нормативных и методических документов [3–5].

Определение параметров острой токсичности тебуконазола 97% при однократном внутрижелудочном пути поступления проводили в соответствии с методом OECD TG № 423 «Acute Oral Toxicity – Acute Toxic Class Method» = ОЭСР Руководство № 423 «Острая токсичность при внутрижелудочном поступлении — метод классов острой токсичности», при однократном дермальном воздействии методом OECD 402 Acute dermal toxicity = ОЭСР Руководство № 402 «Острая дермальная токсичность»), оценку раздражающего действия тебуконазола на кожные покровы проводили с учетом положений OECD 404 Acute Dermal Irritation/Corrosion, повреждение слизистых оболочек определяли методом OECD 405 Acute Eye Irritation/Corrosion.

Способность тебуконазола технического 97% производства Китай к иницированию кумулятивных эффектов оценивали в субхроническом эксперименте при внутрижелудочном введении самкам белых крыс в течение 13 недель в соответствии с OECD 408 Repeated dose 90-day oral toxicity study in rodents.

Для оценки биологических эффектов у животных основных подопытных групп использовали комплекс интегральных и специфических показателей. При исследовании использовали общепринятые в лабораторной практике методы: токсикологические, биохимические, гематологические, физиологические и гистологические. Эксперименты на животных проведены с соблюдением правил биоэтики. Исследования проведены в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, руководствами.

Результаты исследований подвергли статистической обработке общепринятыми методами. При оценке различий между группами использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни с применением поправки Бонферрони. Количественные параметры представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25; 75%). Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p \leq 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** В собственных исследованиях токсикологического профиля установлено, что величины среднесмертельных летальных доз тебуконазола технического 97% сопоставимы с показателями острой токсичности референтного препарата. ЛД<sub>50</sub> для крыс-самцов при пероральном пути поступления составила: для крыс-самок — 1640 (1440÷1900) мг/кг м.т., для самцов — 3870 (3200÷4500) мг/кг м.т., ЛД<sub>50</sub> для крыс-самок при дермальном пути поступления — >2000 мг/кг м.т. Тебуконазол не раздражает кожные покровы, обладает слабым ирритативным действием, не проявляет свойств контактного сенсibilизатора.

В субхроническом эксперименте в течение первого месяца наблюдения при введении максимальной дозы (235 мг/кг м.т./день) у некоторых животных наблюдались признаки интоксикации — апатия, гиподинамия, отказ от пищи, зарегистрирована гибель 2 животных на 10 и 20-е сут наблюдения, отмечено снижение потребления корма и прироста массы тела. При поступлении средней дозы 53,5 мг/кг м.т. было отмечено незначительное замедление прироста массы у опытных животных, доза в 10,7 мг/кг м.т. не вызывала достоверного влияния на прирост массы тела (таблица 1).

Таблица 1. — Прирост массы тела у крыс-самок при введении тебуконазола технического 97% в субхроническом эксперименте за период 0–13 недель, данные по группам

Уровни доз, мг/кг м.т./день	Прирост массы тела, 0–13 недель	
	граммы	%
0	140,0 (129,0; 146,0)	0,0
10,7	134,0 (123,0; 141,0)	-4,3
53,5	113,0 (107,0; 142,0)	-19,3
235,0	94,0 (85,0; 104,0)*	-32,9
Примечание — * — достоверность различий с контролем при $p \leq 0,05$ .		

Определение суммационно-порогового показателя (СПП) в динамике опыта показало статически достоверное увеличение данного показателя через 3 мес. воздействия у групп животных, получавших тебуконазол технический в дозе 235,0 мг/кг/м.т. Средняя и минимальная из воздействующих доз не оказывали влияния на способность животных к суммации подпороговых электрических импульсов (таблица 2).

Таблица 2. — Показатели СПП в вольтах у белых крыс-самок при введении тебуконазола технического 97% в субхроническом эксперименте

Уровни доз, мг/кг м.т./день	Сроки эксперимента, недели	
	0 (фон)	13
0	8,3 (7,9; 8,5)	7,6 (7,0; 8,1)
10,7	7,8 (7,6; 8,1)	8,5 (7,6; 8,6)
53,5	8,3 (7,9; 8,6)	9,0 (7,9; 9,9)
235,0	7,8 (7,5; 8,1)	9,9 (8,8; 10,1)*
Примечание — * — достоверность различий с контролем при $p \leq 0,05$ .		

По окончании эксперимента проведена эвтаназия животных с последующей микроскопией и определением относительной массы внутренних органов. Анализ показателей относительной массы внутренних органов белых крыс-самок при введении тебуконазола технического 97% в дозе 235,0 мг/кг/сут показал достоверное увеличение относительной массы печени на 27%, надпочечников — 36,8% и недостоверное увеличение почек — 8,5% при максимальной испытанной дозе. Гистологически выявлены случаи перипортальной гипертрофии и центродолевой тонкой вакуолизации в печени, увеличение случаев обнаружения интраплазматических вакуолей в клетках пучковой зоны надпочечников. При действии дозы 53,5 мг/кг м.т. зарегистрировано увеличение массы печени и надпочечников на 25 и 26,3% соответственно. Коэффициенты относительных масс остальных органов были сравнимы со значениями животных контрольной группы. Гистологический анализ выявил легкую гипертрофию клеток пучковой зоны коркового вещества надпочечников, у некоторых животных были обнаружены интраплазматические вакуоли в клетках пучковой зоны надпочечников. При действии дозы 10,7 мг/кг м.т. биохимические параметры сыворотки крови и мочи, гематологические показатели, масса внутренних органов у подопытных животных не отличались от контрольных показателей. При гистопатологическом исследовании внутренних органов после вскрытия животных изменений также не выявлено.

В максимальной дозе (235 мг/кг м.т.) отмечено достоверное снижение содержания гемоглобина, гематокрита в 1,3 раза, при этом показатели среднеклеточной концентрации гемоглобина в эритроците не выходили за пределы аналогичных показателей у контрольных животных. Такие же изменения со стороны периферической крови, но с меньшей интенсивностью выраженности, получены и при введении дозы 53,5 мг/кг м.т. Наименьшая из использованных в эксперименте доз не оказывала влияния на показатели периферической крови опытных животных. Доза в 10,7 мг/кг м.т. рассматривается как недействующая на гематологические показатели.

Биохимический анализ крови (таблица 3) при максимальной поступающей дозе показал повышение активности аланинаминотрансферазы (АлАТ), повышение общего белка и мочевины при достоверном уменьшении содержания билирубина. Увеличение активности АлАТ, повышение концентрации мочевины, уменьшении содержания билирубина зарегистрировано в группе животных, получавших дозу тебуконазола 53,5 мг/кг м.т. Также было получено статистически достоверное повышение АлАТ при введении дозы 10,7 г/кг м.т., другие биохимические параметры сыворотки крови у животных не отличались от контрольных показателей.

Таблица 3. — Биохимические показатели сыворотки крови крыс-самок при введении тебуконазола технического 97% в субхроническом эксперименте (13 недель воздействия)

Показатель, ед. измерения	Группы сравнения, величины вводимых доз (мг/кг м.т./день)			
	0	10,7	53,5	235,0
АлАТ, Ед/л	67,4 (63,1; 82,7)	83,2 (69,5; 101,0)*	85,3 (77,6; 93,4)*	87,2 (76,5; 99,1)*
АсАТ, Ед/л	296,0 (275,6; 362,10)	352,0 (275,8; 363,3)	330,90 (282,5; 349,2)	330,90 (282,5; 349,2)
Мочевина, мМоль/л	6,09 (5,48; 6,41)	6,22 (5,85; 7,20)	6,53 (6,38; 6,76)*	6,59 (6,08; 6,70)*
Креатинин, мкМоль/л	52,65 (49,57; 53,97)	56,02 (49,71; 58,21)	49,53 (46,6; 52,44)	49,53 (46,6; 52,44)
Общий белок, г/л	57,10 (51,60; 64,10)	57,40 (46,50; 63,90)	60,80 (56,30; 64,70)	64,40 (59,50; 67,90)*
Глюкоза, мМоль/л	4,52 (3,92; 5,22)	5,09 (3,80; 5,49)	4,78 (4,50; 4,98)	4,78 (4,50; 4,98)
Альбумин, г/л	29,6 (24,3; 53,1)	23,1 (18,6; 29,8)	24,3 (19,4; 31,2)	24,3 (19,4; 31,2)
Холестерин, мМоль/л	2,0 (1,3; 2,5)	1,9 (1,2; 2,7)	2,5 (1,9; 2,9)	2,4 (1,7; 3,0)
Билирубин общий, мкМоль/л	3,8 (3,0; 5,4)	4,2 (3,9; 5,3)	3,1 (2,9; 0,3,1)*	2,9 (2,7; 3,0)*
Железо, мкМоль/л	56,20 (47,70; 58,80)	50,40 (45,0; 59,50)	47,8 (46,8; 62,0)	47,8 (46,8; 62,0)
Примечание — * — достоверность различий с контролем при $p \leq 0,05$ .				

В моче белых крыс при действии максимальной дозы отмечено статистически достоверное увеличение концентрации креатинина, общего белка на фоне увеличения суточного диуреза и снижения содержания железа. Аналогичные изменения в моче животных обнаружены и при действии дозы в 53,5 мг/кг м.т., однако уровень эффекта был статистически не достоверным.

На основании анализа доступных международных баз данных, а также опубликованной в открытой печати научной литературы, приведено сравнение данных токсикологического профиля референтного тебуконазола и тебуконазола технического 97% производства Китай в таблице 4.

Таблица 4. — Сравнительная характеристика токсикологического профиля референтного тебуконазола и тебуконазола технического 97% производства Китай

Показатели	Показатели для тебуконазола референтного данные [2]	Показатели для тебуконазола технического 97% производства Китай
Острая пероральная токсичность, ЛД <sub>50</sub> перорально	Крысы-самки 1700 мг/кг м.т., крысы-самцы 4000 мг/кг м.т	Крысы-самки 1640 (1440÷1900) мг/кг м.т., крысы-самцы 3870 (3200÷4500) мг/кг м.т
Острая кожная токсичность, ЛД <sub>50</sub> дермально	белые крысы >2000 мг/кг	белые крысы >2000 мг/кг

Показатели	Показатели для тебуконазола референтного данные [2]	Показатели для тебуконазола технического 97% производства Китай
Раздражающее действие на кожу	Не обладает кожно-раздражающим действием	Не обладает кожно-раздражающим действием
Раздражающее действие на слизистую оболочку глаза (кролики)	Обладает слабым раздражающим действием	Слабая гиперемия конъюнктивы, слабый отек век, повышенное увлажнение глаза, нормализация состояния через 48 ч
NOAEL	9 мг/кг м.т./сут	10,7 мг/кг м.т./сут
LOAEL	35 мг/кг м.т./сут	57,3 мг/кг м.т./сут

**Заключение.** На основании исследований установлено, что величина острой внутрижелудочной токсичности тебуконазола (технический продукт 97%) составляет для самок 1640 (1440÷1900) мг/кг м.т., для самцов — 3870 (3200÷4500) мг/кг м.т., LD<sub>50</sub> для крыс-самок дермально составляет >2000 мг/кг м.т. Тебуконазол не оказывает раздражающего действия на кожные покровы крыс, обладает слабым раздражающим действием на слизистые оболочки глаз кроликов — класс 3А (слабая гиперемия конъюнктивы, небольшой отек, указанные явления через 48 ч не обнаружены), не проявляет признаков контактной сенсибилизации.

По результатам исследований в субхроническом эксперименте (13 недель) при многократном пероральном введении тебуконазола (технический продукт, 97%) в дозах 10,7; 53,3 и 235 мг/кг м.т. установлено, что тебуконазол обладает поллитропным действием на организм опытных животных в дозах 235,0 и 57,3 мг/кг м.т. с преимущественным поражением печени, надпочечников и нарушением выделительной функции почек. Длительное многократное воздействие тебуконазола в дозе 10,7 мг/кг м.т. не вызывало изменений в организме опытных животных по всем изученным показателям. Недействующая доза тебуконазола технического 97% в субхроническом эксперименте для белых крыс установлена на уровне 10,7 мг/кг м.т. (NOAEL), доза 57,3 мг/кг м.т. определена как минимально действующая (LOAEL).

Таким образом, на основании исследований установлено, что тебуконазол технического 97%, производства Китай, по токсикологическому профилю эквивалентен референтному оригинальному препарату.

#### Литература

1. Руководство по разработке и использованию спецификаций ФАО и ВОЗ по пестицидам = Manual on the development and use of FAO and WHO specifications for pesticides [Электронный ресурс] / ВОЗ; Продовольств. и с.-х. орг. ООН. — Режим доступа: <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/pm/jmps/manual/en/>. — Дата доступа: 12.05.2016.
2. EFSA Scientific Report. — 2008. — № 176. — P. 1–109.
3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс]: утв. решением Комиссии таможенного союза 28.05.2010 № 299. — 2010. — Режим доступа: [http://www.tsouz.ru/KTS/KTS17/Pages/P2\\_299.aspx/](http://www.tsouz.ru/KTS/KTS17/Pages/P2_299.aspx/). — Дата доступа: 12.05.2016.
4. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов. — Киев, 1988. — 32 с.
5. Международный кодекс поведения в области распространения и использования пестицидов: принят на 123-й сессии Совета ФАО в нояб. 2002 г. / Продовольств. и с.-х. орг. ООН. — 2005. — Режим доступа: <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/pm/code/en/>. — Дата доступа: 12.05.2016.

#### CHARACTERISTICS OF DEFINITION OF GENERIC PESTICIDE PRODUCTS EQUIVALENCE

*Ilyukova I.I., Grynchak V.A., Anisovich M.V., Vasilyeva M.M., Popel A.A.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The results of experimental studies of the toxicological profile of Tebuconazole 97% technical production, China have been presented in the article in order to establish the equivalence to the patented drug.

**Keywords:** equivalence, generics, acute toxicity, pesticide product, Tebuconazole 97% technical, parameters of acute toxicity, subchronic toxicity, irritating and sensitizing effect, OECD methods.

Поступила 03.10.2016

#### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НОВОГО АГРОХИМИКАТА

*Истомин А.В., Румянцева Л.А., Ветрова О.В., Михайлов И.Г., Федина И.Н.*

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана»*

*Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,*

*Москва, Российская федерация*

**Реферат.** Статья посвящена изучению характера токсического действия на организм лабораторных животных нового комплексного жидкого минерального удобрения Агроминерал производства ООО «Кирово-Чепецкий завод Агрохимикат» (г. Кирово-Чепецк). По результатам исследований установлены параметры острой токсичности: LD<sub>50</sub>, перорально >10000 мг/кг м.т.; LD<sub>50</sub>, дермально >2000 мг/кг м.т.; при однократном нанесении не оказывает раздражающего действия на кожу крыс, обладает умеренным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз кроликов; обладает слабым кумулятивным действием, не оказывает сенсибилизирующего действия.

**Ключевые слова:** агрохимикат, Агроминерал, параметры острой токсичности при пероральном и дермальном путях поступления, раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки глаз, кумулятивное, сенсибилизирующее действие.

**Введение.** Одной из стратегических задач нашего государства является обеспечение продовольственной безопасности, что во многом определяется увеличением объемов производства сельскохозяйственной продукции, внедрением новых технологий, среди которых применение средств химизации сельского хозяйства занимает одно из ведущих мест [1]. При этом возрастание угрозы безопасности жизнедеятельности диктует необходимость разработки и совершенствования мероприятий по снижению опасности воздействия вредных факторов среды обитания. В этом случае имеет значение создание менее токсичных удобрений по сравнению с отдельными агрохимикатами или исходным сырьем, входящими в состав данного удобрения [2].

Для предотвращения возможного негативного влияния на здоровье людей и среду обитания к производству, реализации и применению допускаются агрохимикаты, прошедшие в установленном порядке токсиколого-гигиенические исследования для установления их гигиенической безопасности. Регистрационные испытания включают в себя, в т. ч. токсикологические эксперименты по оценке вредного действия пестицидов и агрохимикатов на организм теплокровных животных [3].

**Цель работы** — определение токсичности и потенциальной опасности острого отравления новых жидких удобрений с микроэлементами и установление величины среднесмертельной дозы.

**Материалы и методы.** Агрохимикат Агроминерал представляет собой жидкое минеральное удобрение с микроэлементами, производимое путем растворения в воде готовых форм минеральных удобрений и неорганических солей микроэлементов, с последующим добавлением в раствор хелатирующего компонента.

Для решения поставленных задач использовали общепринятые информативные и доступные методы токсиколого-гигиенических, гематологических, биохимических, статистических исследований.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с положениями нормативных и методических документов: «Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов», руководство «Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека» [4], «Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов» [5], методические указания «Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи».

Оценку повреждающего действия на слизистые оболочки глаз по степени гиперемии и отека, а также количеству выделений проводили по методу, предложенному А. Majda и К. Chrusaielska, а класс опасности — по гигиенической классификации пестицидов и агрохимикатов.

В опытах по установлению острой пероральной токсичности использованы беспородные половозрелые белые крысы-самцы с массой тела 220–250 г. Животные содержались в условиях вивария на брикетированном корме.

Агрохимикат Агроминерал вводили крысам в нативном виде, утром, натошак внутривентрикулярно с помощью металлического зонда.

В течение 14 дней после введения препарата проводили наблюдение за состоянием и поведением животных для фиксирования сроков их гибели.

Для определения среднесмертельных доз использовали метод пробит-анализа Litchfield-Wilcoxon в модификации Прозоровского.

Для установления острой дермальной токсичности агрохимикаты наносили в нативном виде однократно на кожу выстриженного участка правого бока размером 4×4 см в дозе 2000 мг/кг массы тела, равномерно распределяя.

Наблюдение за состоянием и поведением животных проводилось в течение 14 дней. Основное внимание фокусировалось на состоянии кожи и шерсти, глаз, слизистых оболочек, дыхательной, вегетативной и центральной нервной системы, соматомоторной деятельности и поведении. Также уделялось внимание возможности появления тремора, конвульсий, слюноотделения, диареи, летаргии, сна и комы.

Результаты изучения острой пероральной и дермальной токсичности оценивали по гигиенической классификации пестицидов и агрохимикатов и по ГОСТ 12.1.007-76.

Местно-раздражающее действие препарата изучалось на двух видах животных: на белых крысах (самцы) с массой тела 200–250 г и кроликах (самцы) с массой тела 3–3,5 кг.

На испытуемый участок кожи однократно наносили агрохимикат Агроминерал в нативном виде в количестве 0,5 мл.

Для оценки раздражающего действия агрохимиката на кожу фиксировали характер изменений кожи на месте аппликации, утолщение кожной складки, функционально-морфологические нарушения кожи (эритема, отек, трещины, изъязвления, некроз, сухость, шелушение и др.).

Исследование раздражающего действия на слизистые оболочки глаз агрохимиката Агроминерал выполняли на кроликах. Тестируемый агрохимикат вводили в нативном виде в количестве 0,1 мл в конъюнктивальный мешочек правого глаза каждого животного при мягком оттягивании нижнего века от глазного яблока. Левый глаз не подвергался воздействию испытуемого вещества и использовался в качестве контрольного.

Ежедневно в течение 14 дней проводили наблюдения за состоянием роговицы и слизистой оболочки глаза. Влияние вещества на слизистую оболочку оценивали по появлению и степени выраженности гиперемии, усилению сосудистого рисунка глазного яблока, наличию слезотечения, увлажнения и выделения из глаза и по другим признакам повреждения глаза, таких как отек, частичное выворачивание век, блефароспазм, помутнение роговицы.

Оценку кумулятивного эффекта препаратов проводили по методу Ю.С. Кагана и В.В. Станкевича, используя 40 (30 опытных, 10 контрольных) половозрелых беспородных белых крыс-самцов с массой тела 230–260 г для каждой марки.

В течение опыта проводили наблюдение за состоянием животных, обращая внимание на внешний вид, общее состояние и поведение, сроки гибели и клиническую картину интоксикации, определяли массу тела, функциональные, физиологические, в крови животных определяли биохимические и морфологические показатели. Состояние нервной системы оценивали по суммационно-пороговому показателю (СПП).

Биохимические исследования выполнялись на автоматическом биохимическом анализаторе «EOS Bravo Forte» (Италия) и включали определение в сыворотке крови следующих показателей: общий белок, альбумин, ферменты: аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза и щелочная фосфатаза.

Гематологические показатели регистрировали в цельной крови животных с помощью полуавтоматического гематологического анализатора «Nema-screen 10» (Италия). Определялись следующие показатели: концентрация лейкоцитов, эритро-

цитов, гемоглобина; гематокрита; средний объем эритроцита; среднее содержание гемоглобина в эритроците; средняя концентрация гемоглобина в эритроците; концентрация тромбоцитов.

Исследование сенсibilизирующего действия препарата проводили на морских свинках белой масти по схеме комплексной сенсibilизации и по методу О.Г. Алексеевой и А.И. Петкевич. Для получения адекватных результатов тестирования использовались максимальные концентрации вещества, не оказывающие раздражающего эффекта при однократном нанесении.

Результаты исследований обработаны статистически общепринятыми методами с использованием t-критерия Стьюдента ПК в программе Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** На основе данных литературы была проанализирована токсикологическая характеристика сырьевых компонентов агрохимиката. Было установлено, что в состав агрохимиката входят компоненты, относящиеся ко 2, 3 и 4-му классу опасности.

В данном исследовании величины среднесмертельных летальных доз (LD<sub>50</sub>) агрохимиката были сопоставлены с величинами LD<sub>50</sub> для компонентов агрохимиката.

При изучении острой пероральной токсичности установлено, что при однократном пероральном воздействии агрохимиката Агроминерал среднесмертельная доза (LD<sub>50</sub>) для крыс составляет >10000 мг/кг м.т. Клиническая картина интоксикации у опытных крыс не наблюдалась, гибели животных не зарегистрировано.

Изучение острой дермальной токсичности показало отсутствие гибели животных и видимых признаков интоксикации. На основе полученных данных была установлена LD<sub>50</sub> >2000 мг/кг м.т.

Раздражающего действия на кожу крыс после нанесения препарата и в последующие сроки наблюдений (1–14 дней) не выявлено. У всех кроликов через 4 ч после нанесения препарата видимых изменений кожи не наблюдалось.

При изучении раздражающего действия агрохимиката Агроминерал на слизистые оболочки глаза, через 4 ч после введения препарата у всех кроликов наблюдалась выраженная гиперемия конъюнктивы, отек век. На 2-е сут у всех кроликов симптомы раздражения сохранялись, а также отмечалось помутнение роговицы. Указанные симптомы раздражения проходили на 3 и 4-е сут.

Таким образом, агрохимикат Агроминерал не обладает раздражающим действием на кожу крыс и кроликов при однократном нанесении, обладает умеренным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз кроликов.

Изучение кумулятивного действия агрохимиката Агроминерал проводилось в субхроническом опыте (в течение 2-х мес).

Клиническая картина интоксикации не проявлялась. За время эксперимента гибель животных отсутствовала. Коэффициент кумуляции (по критерию гибели) составил  $K_{\text{кум}} > 5$ , что свидетельствует о слабом кумулятивном действии препарата.

Анализ динамики изменения массы тела крыс показал отсутствие статистически достоверных различий массы тела у опытных животных по сравнению с контрольными особями в течение всего эксперимента.

Не выявлено негативного влияния исследуемых удобрений на центральную нервную систему крыс по динамике суммационно-порогового показателя у всех групп лабораторных животных.

Определение гематологических показателей не выявило статистически достоверного их изменения в периферической крови у опытных животных по сравнению с контролем. Анализ результатов биохимических исследований крови показал, что у крыс, получавших агрохимикат Агроминерал, статистически достоверное, но незначимое снижение активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) и активности аспартат-аминотрансферазы (АСТ), что говорит о нахождении полученных значений в пределах физиологических норм для данного вида животных.

Постановка реакции специфической агломерации (РСАЛ) лейкоцитов была проведена через 48 ч после провокационной пробы (таблица).

Таблица 1. — Результаты оценки сенсibilизирующего действия агрохимиката Агроминерал марка «Цветы»

Группа животных	Кожные пробы, %	Статистические критерии	Показатель РСЛЛ
Контроль	Отрицательные	$M \pm m$	2,72±0,28
Опыт	Эпикутанные: отрицательные	$M \pm m$	3,29±0,24

Изучение сенсibilизирующего действия агрохимиката Агроминерал (марка «Цветы») не выявило достоверных изменений у опытных животных по сравнению с контролем.

**Заклучение.** Препарат не обладает раздражающим действием на кожу крыс и кроликов при однократном нанесении; обладает умеренным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз кроликов; не обладает сенсibilизирующим действием, кумулятивный эффект слабый ( $K_{\text{кум}} > 5$ ), LD<sub>50</sub> для крыс-самцов при пероральном введении — >10000 мг/кг м.т., LD<sub>50</sub> для крыс-самцов при дермальном нанесении — >2000 мг/кг м.т.

На основании исследований по изучению токсического действия и в соответствии с гигиенической классификацией пестицидов и агрохимикатов по степени опасности агрохимикат Агроминерал относится к 3-му классу опасности (3А — класс опасности по раздражающему действию на слизистые оболочки глаз).

#### Литература

1. Ветрова, О.В. Актуальность вопросов гигиенической безопасности при производстве минеральных удобрений на региональном уровне / О.В. Ветрова, А.В. Истомина // Питание и здоровье: материалы междунар. конгр. — М., 2013. — С. 20.
2. Вредные вещества в окружающей среде. Элементы I–IV групп периодической системы и их неорганические соединения: справ.-энц. изд. / Под ред. В.А. Филова [и др.]. — СПб.: НПО «Профессионал», 2012. — 464 с.
3. Ветрова, О.В. Вопросы гигиенической безопасности применения агрохимикатов для здоровья населения // Здоровье нации — основа процветания России: материалы 5-го Всерос. форума. — М., 2009. — С. 17–18.
4. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека. — М.: Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. — 639 с.
5. СанПин 1.2.2584-10. Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов. — М., 2014. — 25 с.

## HYGIENIC SAFETY OF A NEW FERTILIZER

*Istomin A.V., Rumyantseva L.A., Vetrova O.V., Mikhailov I.G.*

*FBUN "The Federal Center of Hygiene after F. F. Erisman", Rospotrebnadzor, Moscow, Russia*

The article is devoted to the study of the toxic effect nature of a new integrated liquid fertilizer Agromineral on the organism of laboratory animals. The parameters of acute toxicity have been established by the results of the tests: LD<sub>50</sub>, oral >10000 mg/kg.; LD<sub>50</sub>, dermal >2000 mg/kg; it does not irritate the skin of rats after single use, has a mild irritant effect on the mucous membranes of eyes of rabbits; has a slight cumulative effect, has no sensitizing action.

**Keywords:** liquid fertilizers, Agromineral, acute oral toxicity, acute dermal toxicity, irritant effect on skin and eyes, a cumulative, sensitizing effect.

Поступила 19.07.2016

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА, СТИРОЛА И ИХ БИНАРНОЙ СМЕСИ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

*Колеснева Е.В., Богданов Р.В., Соболев Ю.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Изучено влияние формальдегида, стирола и их бинарной смеси на гематологические (формула крови), биохимические (активность глутатионредуктазы, глутатионтрансферазы, супероксиддисмутазы) показатели крови, а также на фрагментацию тотальной ДНК в печени белых крыс в условиях 4-месячного постоянного режиме ингаляционного воздействия. Полученные результаты указывают на отсутствие достоверных изменений изученных показателей в организме лабораторных животных при режиме воздействия формальдегида и стирола в концентрациях на уровнях 0,25 порога их хронического действия.

**Ключевые слова:** крысы, глутатионредуктаза, глутатионтрансфераза, супероксиддисмутаза, формула крови, фрагментация ДНК, формальдегид, стирол.

**Введение.** По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения, городской житель подавляющую часть своего времени (около 80%) проводит в помещениях. Материалы, используемые в строительстве и отделке интерьеров, способны выделять в окружающую среду вредные низкомолекулярные химические соединения. Приоритетными загрязнителями среди таких мигрирующих веществ являются формальдегид и стирол.

Многочисленные экспериментальные работы указывают на потенциальную опасность воздействия на организм как формальдегида, так и стирола: они способны оказывать общетоксическое и раздражающее действие на организм, обуславливать аллергенные эффекты, а также вызывать нейродегенеративные и пищеварительные расстройства [1, 2].

Необходимо подчеркнуть, что в современных условиях особый интерес для гигиены представляет изучение комбинированного действия химических веществ на организм на низких уровнях [3]. Известно, что действие ксенобиотиков и других стрессовых факторов на организм приводит к избыточному накоплению в клетках активных форм кислорода (АФК), обладающих высокой реакционной способностью. Накопление АФК приводит к развитию окислительного стресса — одного из главных индукторов формирования патологических процессов в организме [4].

Основной причиной, инициирующей развитие окислительного стресса, является дисбаланс между антиоксидантной и прооксидантной системами. Изначально активация генерации активных форм кислорода при различных патологических состояниях уникальна для каждого отдельного случая, однако в дальнейшем процессы окислительного стресса теряют свою специфичность и становятся унифицированными для всех состояний [5].

Высокие концентрации активных форм кислорода способны повреждать нативную структуру клеточных мембран, инициировать процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ), вызывать фрагментацию ДНК, деградацию РНК и белков, утечку ионов и низкомолекулярных соединений, что может приводить к гибели клеток.

Однако в клетке присутствует сложная антиоксидантная система защиты, представляющая собой согласованную работу ферментных и неферментных компонентов для нейтрализации АФК и минимизирования повреждений, возникающих в результате развития окислительного стресса. При этом к неферментным компонентам относят водо- (глутатион, аскорбиновая кислота и др.) и жирорастворимые (убихинон, витамины А, Е и др.) антиоксиданты, а ферментативное звено включает оксидоредуктазные (глутатионредуктаза (ГР) и антиперекисные (глутатионтрансфераза (ГТ), глутатионпероксидаза, супероксиддисмутаза (СОД) и др.) ферменты [6].

**Цель работы** — оценка гематологических (формула крови), биохимических (активность ГР, ГТ, СОД) показателей крови, а также фрагментации тотальной ДНК в печени белых крыс при ингаляционном воздействии формальдегида, стирола и их бинарной смеси.

**Материалы и методы.** Эксперименты выполняли на лабораторных половозрелых нелинейных крысах (*Rattus rattus L.*) (n = 48). Хроническую токсичность смеси формальдегида и стирола, ее компонентов при монотонном режиме воздействия оценивали в условиях 4-месячной ингаляционной заправки животных. За постоянный режим условно принято монотонное воздействие исследуемых веществ по 4 ч в сут в концентрациях на уровнях 0,25 порога их хронического действия (Lim<sub>chr</sub> формальдегида — 5,0 мг/м<sup>3</sup>, стирола — 50 мг/м<sup>3</sup>).

Первая группа (n = 12) подвергалась воздействию формальдегидом, вторая группа (n = 12) — стиролом, третья группа животных (n = 12) подвергалась заправке комбинации формальдегида и стирола в соответствующих концентрациях (0,25 Lim<sub>chr</sub>). Контрольную группу (n = 12) составили крысы, содержащиеся в стандартных условиях и не подвергавшиеся ингаляционному воздействию. Эксперименты осуществляли с соблюдением требований «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и научных целей» (Страсбург, 1986).

В качестве материала для гематологических исследований использовали цельную периферическую кровь, для биохимических исследований — гемолизаты крови животных, для генотоксических исследований — ткань печени крыс.

Гематологические показатели периферической крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе «BC-5300Vet» (фирмы «Mindray», Китай).

ДНК выделяли из ткани печени крыс (использовалось 20 мг ткани) с использованием набора «GeneJET genomic DNA purification kit» (фирмы «Fermentas», Литва). Для депротенинизации образца использовали протеиназу К, для деградации РНК — РНКазу А.

Электрофоретический анализ образцов ДНК проводили в 1,2% (вес/объем) агарозном геле, приготовленном на ТАЕ буферном растворе (рН = 8,0), содержащем 0,04 М Трис-ацетата, 0,002 М этилендиаминтетрауксусной кислоты и 0,05% (вес/объем) бромистого этидия. Электрофорез проводили в горизонтальном аппарате Sub-Cell Model 192 Cell (фирмы «Bio-Rad», США) при напряжении 120 В при комнатной температуре.

В качестве маркеров длин фрагментов ДНК использовали «MassRuller Express DNA Ladder Mix, 100–10000» (фирмы «Fermentas», Литва). Визуализацию ДНК после электрофореза осуществляли в проходящем ультрафиолетовом свете, используя систему Chemi Doc (фирмы «Bio-Rad», США).

Для определения активности ферментов ГТ, СОД, ГР в гемолизатах крови использовали стандартные методики.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием пакета программ Statistica 8.0. Полученные результаты представлены в виде медианы и квартилей. Достоверность различий определяли непараметрическим методом с использованием U-критерия Манна–Уитни и считали их достоверными при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Известно, что клеточный состав крови довольно постоянен, поэтому различные изменения показателей общего анализа крови указывают на нарушения в работе органов и систем организма и могут иметь важное диагностическое значение. В связи с этим на первом этапе работы нами были изучены гематологические показатели периферической крови при ингаляционном воздействии формальдегида, стирола и их бинарной смеси (таблица 1).

Таблица 1. — Гематологические показатели периферической крови крыс при ингаляционном воздействии формальдегида, стирола и их бинарной смеси

Изучаемые показатели	Группы сравнения, Ме и квартиль			
	контроль	1-я группа (формальдегид)	2-я группа (стирол)	3-я группа (формальдегид + стирол)
Содержание эритроцитов в крови, 10 <sup>12</sup> /л	5,36 [5,28; 6,15]	6,78 [6,48; 7,44]	6,65 [6,31; 7,09]	6,61 [6,56; 6,76]
Гемоглобин, г/л	137,5 [132,5; 143,1]	141 [135; 150]	136,5 [131,2; 142]	139,5 [131; 140,00]
Количество тромбоцитов, 10 <sup>9</sup> /л	569 [295; 722]	808 [791; 825]	726 [668; 798]	759 [709; 775]
Абсолютное содержание лейкоцитов, 10 <sup>9</sup> /л	11,49 [9,32; 13,79]	10,07 [8,62; 17,03]	13,55 [12,29; 16,58]	16,5 [8,95; 17,27]
Лимфоциты, %	64,7 [58,9; 89,3]	71,1 [62,2; 71,9]	70,8 [60,2; 75,6]	75,5 [64,3; 76,90]
Нейтрофилы, %	16,4 [5,9; 27,7]	16,6 [15,3; 17,9]	19,1 [11,4; 25,3]	14,7 [13,3; 14,90]
Моноциты, %	5,9 [4,7; 6,8]	6,3 [4,7; 7,8]	7,3 [6,1; 9,7]	5,6 [5,3; 6,6]
Эозинофилы, %	2,7 [2,3; 3,1]	3,5 [2,6; 3,6]	2,9 [2,2; 3,5]	3,5 [2,5; 4,5]
Примечание — * — статистически значимые изменения по сравнению с контролем при $p < 0,05$ .				

Как видно из представленных результатов, на фоне хронической затравки формальдегидом, стиролом и смесью формальдегид/стирол в изучаемых концентрациях отсутствовали выраженные сдвиги в показателях периферической крови животных, лейкоцитарная формула белых крыс во всех группах оставалась без статистически значимых изменений по сравнению с контрольной группой.

Также были изучены биохимические показатели крови белых крыс после ингаляционной затравки формальдегидом, стиролом и их бинарной смесью. Результаты приведены в таблице 2.

При изучении биохимических показателей в экспериментальных группах статистически значимых изменений активности ГТ, ГР и содержания СОД по сравнению с контрольной группой не отмечалось.

Известно, что ГТ обезвреживает ксенобиотики с использованием восстановленного глутатиона. СОД дисмутирует супероксид-анион кислорода с образованием пероксида водорода, который на следующем этапе трансформации восстанавливается до воды. В этой реакции в качестве субстрата используется глутатион, который восстанавливается ГР. Изменения активности данных ферментов могут указывать на развитие окислительного стресса в организме. Так, в работе А.Е. Каревского и др. [6] было показано снижение активности антиоксидантных ферментов ГТ и ГР в мышцах земноводных, обитающих в водоемах с сильной степенью антропогенной нагрузки по сравнению с животными из водоемов со средней и слабой степенью антропогенной нагрузки. Авторы предположили, что водоемы, характеризующиеся сильной степенью антропогенной нагрузки, содержат вещества, вызывающие окислительный стресс у его обитателей и снижение как активностей антиоксидантных ферментов, так и защиты от окислительного стресса.

Следовательно, полученные результаты об отсутствии изменения активности ферментов антиоксидантной защиты и системы трансформации ксенобиотиков могут свидетельствовать об отсутствии развития окислительных повреждений у животных в условиях 4-месячной постоянной ингаляционной затравки формальдегидом, стиролом и их бинарной смесью в концентрациях на уровнях 0,25 порога их хронического действия.

Таблица 2. — Биохимические показатели крови белых крыс при ингаляционном воздействии формальдегида, стирола и их бинарной смеси

Исследуемые показатели	Группы сравнения, Ме и квартиль			
	контроль	1-я группа (формальдегид)	2-я группа (стирол)	3-я группа (формальдегид + стирол)
Глутатионредуктаза, мкМ/г Нв×мин	2,11 [1,76; 2,45]	1,89 [1,26; 2,23]	1,61 [1,27; 1,96]	2,05 [2,01; 2,36]
Глутатионтрансфераза, мкМ/г Нв×мин.	0,816 [0,701; 1,008]	0,646 [0,635; 0,671]	0,671 [0,625; 0,810]	0,744 [0,719; 0,902]
СОД, мкг/мл	45,73 [37,42; 55,18]	37,85 [31,28; 49,38]	38,11 [31,28; 51,23]	42,61 [39,92; 45,32]
Примечание — * — статистически значимые изменения по сравнению с контролем при $p < 0,05$ .				

Известно, что ксенобиотики могут вызывать генерацию АФК и, как следствие, развитие окислительного стресса в клетках организма. Окислительный стресс приводит к повреждению практически всех компонентов клетки. В частности, АФК и агенты, которые их генерируют, способны индуцировать многочисленные повреждения генетического аппарата (окисление нуклеиновых оснований, разрывы сахаро-фосфатного остова, повреждение хромосом), сопровождающиеся делециями, мутациями и другими генетическими дефектами. Высокие концентрации АФК могут служить индуктором апоптоза, одним из признаков которого является фрагментация хроматина с освобождением низкомолекулярных фрагментов ДНК.

В связи с вышесказанным на следующем этапе была оценена генотоксичность формальдегида, стирола и их бинарной смеси. Генотоксичность оценивали по степени фрагментации ДНК. Основой метода является то, что нефрагментированная ДНК при гель-электрофоретическом разделении имеет крайне низкую степень миграции и остается практически на месте в отличие от фрагментированной ДНК, образующей при электрофоретическом разделении широкую полосу в агарозном геле, сформированную низкомолекулярными фрагментами. При этом степень миграции прямо пропорциональна степени фрагментации ДНК.

Было обнаружено, что ДНК, выделенная как из образцов ткани печени крыс контрольной группы, так и из образцов ткани печени крыс экспериментальных групп (1–3-я группы), мигрировала в виде цельных высокомолекулярных полос, в которых длина фрагментов составляла более 10000 п.о. Эти результаты указывают на отсутствие фрагментации ДНК в ткани печени крыс, подвергшихся ингаляционному воздействию формальдегида, стирола и их бинарной смеси. Полученные данные согласуются с результатами изучения активности ферментов антиоксидантной системы и свидетельствуют об отсутствии выраженного окислительного стресса и апоптоза клеток.

**Заключение.** При монотонном режиме ингаляционного воздействия формальдегида, стирола и их бинарной смеси в концентрации 0,25 порога их хронического действия установлено отсутствие изменений ряда изученных клинико-биохимических показателей и фрагментации тотальной ДНК клеток печени у животных экспериментальных групп. Полученные данные следует учитывать при гигиеническом регламентировании бинарной смеси формальдегида и стирола.

#### Литература

1. Ucmakli, E. The effect of formaldehyde intoxication on the inducible nitric oxide synthase expression and nitric oxide level in the liver tissue of rats / E. Ucmakli, F. Armutcu, A. Ozturk // Turk. J. Med. Sci. — 2013. — Vol. 43. — P. 52–56.
2. The effects of styrene on lung cells in female mice and rats / A.O. Gamer [et al.] // Food and Chem. Toxicol. — 2004. — Vol. 42. — P. 1655–1667.
3. Голиченков, А.М. Экспериментальное изучение комбинированного действия основных химических загрязнителей воздуха жилых помещений — фенола, стирола и формальдегида / А.М. Голиченков // Актуальные вопросы гигиены и экологической безопасности Украины на рубеже столетий: материалы науч.-практ. конф., посвящ. памяти О.М. Марзеева. — Киев, 1999. — Вып. 2. — С. 53–59.
4. Биохимия человека: в 2-х т. / Р. Марри [и др.]. — М.: Мир, 1993. — Т. 1. — 384 с.
5. Променаева, Т.Е. Роль оксидативного стресса и системы глутатиона в патогенезе неалкогольной жировой болезни печени / Т.Е. Променаева, Л.С. Колесниченко, Н.М. Козлова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2014. — № 5 (99). — С. 80–83.
6. Состояние некоторых компонентов антиоксидантной защиты в скелетных мышцах и печени земноводных из водоемов с различным уровнем антропогенной нагрузки / А.Е. Каревский [и др.]. // Вестн. ГрДУ. — Сер. 2. — № 1. — С. 104–108.

### EXPERIMENTAL EVALUATION OF FORMALDEHYDE, STYRENE AND THEIR BINARY MIXTURE EFFECT UNDER INHALATION EXPOSURE

*Kolesneva E.V., Bogdanov R.V., Sobol Y.A.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The effect of formaldehyde, styrene, and their binary mixtures on hematologic (formula of blood), biochemical (activities of GH, HT, SOD) blood counts and total DNA fragmentation in liver tissue of white rats under a 4-month inhalation action has been studied. The obtained results indicate the absence of studied parameters changes in the organism of laboratory animals under the used exposure procedure of formaldehyde and styrene.

**Keywords:** rats, glutathione reductase, glutathione transferase, superoxide dismutase, formula of blood, DNA fragmentation, formaldehyde, styrene.

Поступила 19.07.2016

## ВЛИЯНИЕ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС В ТЕСТЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ» В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Орленкович Л.Н.

ООО «Медицина труда» Института охраны труда и здоровья окружающей среды Рижского университета Страдыня, Рига, Латвия

**Реферат.** В хроническом эксперименте изучено влияние биоинсектицида энтомофторина на поведение белых беспородных крыс в тесте «открытое поле» по изменениям среднестатистических значений показателей и методом парных корреляций, который позволил выявить механизм действия биопрепарата на ориентировочно-исследовательское и эмоциональное поведение крыс на минимальных уровнях воздействия. Полученные результаты использованы при обосновании новых чувствительных и гигиенически значимых биомаркеров эффекта для оценки поведения крыс в тесте «открытое поле» и при санитарной стандартизации биопрепаратов.

**Ключевые слова:** белые беспородные крысы, биоинсектицид, парные корреляции показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле», гигиеническое регламентирование.

**Введение.** Широкое использование в сельском хозяйстве биоинсектицидов требует от токсикологов обоснования гигиенических регламентов с учетом их влияния на гомеостаз макроорганизма в целом и его отдельных систем с количественной и качественной оценкой токсического эффекта на низких уровнях воздействия. Однако воздействие биопрепаратов в хроническом эксперименте на уровне недействующих и пороговых концентраций вызывает незначительные изменения ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения крыс в тесте «открытое поле» по среднестатистическим значениям показателей. Метод комплексной регистрации поведенческих и вегетативных реакций крыс по изменениям среднестатистических значений биомаркеров эффекта и методом парных корреляций дает возможность более точной оценки поведения животных с выявлением патогенеза интоксикации и механизмов защиты гомеостаза макроорганизма от воздействия антигенов микробного происхождения. Данные исследования необходимы для обоснования новых биомаркеров эффекта при оценке поведения крыс в тесте «открытое поле» с целью использования их при санитарной стандартизации биопрепаратов.

**Цель работы** — изучение влияния биоинсектицида энтомофторина в хроническом эксперименте на поведенческие и вегетативные реакции крыс в тесте «открытое поле» методом комплексной регистрации изменений среднестатистических значений биомаркеров эффекта и методом парных корреляций.

**Материалы и методы.** Объектом изучения явился биоинсектицид энтомофторин, созданный на основе энтомопатогенного гриба *Entomophthora thaxteriana*. Титр препарата —  $2,5 \times 10^7 \div 5 \times 10^7$  микробных тел в 1 г. В опытах при повторном 4-месячном ингаляционном поступлении препарата на уровне недействующей, пороговой, действующей концентраций использованы белые беспородные крысы-самцы массой 180–220 г, содержащиеся в стандартных условиях вивария при естественном освещении на стандартном пищевом рационе. Статистическая группа состояла из 15–20 особей. Исследования проведены согласно методическим рекомендациям [1] в соответствии с правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных целей (Страсбург, 1986). Перед началом хронического эксперимента методом «открытое поле» [2] оценивали ориентировочно-исследовательскую активность крыс, исключая из контрольных и опытных групп животных с пассивным типом поведения. Верификацию поведенческих и вегетативных реакций проводили в течение 10 мин, соблюдая правило поочередного тестирования животных из контрольной и опытной групп, через 1; 2; 3; 4 мес. эксперимента и 1 мес. восстановительного периода. Парные корреляции между показателями выявляли с применением пакета прикладных программ Statistica 6.0. Исходя из количества животных в группе, регистрировали сильные ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) и средние ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) взаимосвязи ( $P < 0,05$ ). Достоверность парных корреляций оценивалась с помощью  $\chi^2$ -теста (Pearson Correlation, SPSS for Windows 16) [3].

**Результаты и их обсуждение.** Энтомофторин в недействующей концентрации ( $1,1 \pm 0,2$  мг/м<sup>3</sup>) не вызывал изменений среднестатистических значений показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс во все сроки исследования по сравнению с группой параллельного контроля (таблица 1).

Действующая концентрация препарата ( $20,0 \pm 1,4$  мг/м<sup>3</sup>) вызывала увеличение ГДА, ЭР, КЭН в разные сроки эксперимента, увеличение груминга и снижение норкового рефлекса в конце исследования по сравнению с группой параллельного контроля (таблица 1). Увеличение ГДА и КЭН у подопытных животных через 1 мес. воздействия характеризует выраженность таких крайних типов поведения, как пассивное (замирание) и активное (побежки) избегание и проявляется в условиях преобладания мотивации страха [4, 5]. Через 2 и 3 мес. воздействия препарата выявлено увеличение ГДА, ЭР и КЭН. Рост дефекаций в сочетании со значительным возрастанием уровня локомоций свидетельствует о развитии эмоциональной реакции тревожности [6], а пассивное и активное избегание проявляются при преобладании мотивации страха [4, 5]. В конце эксперимента выявлено увеличение ГДА, груминга, ЭР и снижение норкового рефлекса. Возбуждение вегетативной нервной системы, активное избегание, нарастание негативной (груминг) эмоциональности, а также снижение исследовательского (количество «норок») компонента поведения связаны с развитием защитного торможения в ответ на повышение общего уровня возбуждения животных и являются ответной реакцией на токсическое действие действующей концентрации энтомофторина. Полученные изменения указывают на существенное угнетение и перенапряжение регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, выходящих за пределы его компенсаторных возможностей. Через 1 мес. восстановительного периода показатели поведенческих и вегетативных реакций крыс полностью нормализовались (таблица 1).

Изучение динамики парных корреляций между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» в хроническом эксперименте оказалось эффективным, подтвердив выводы А.Л. Маркель и соавторов [4, 6].

Анализ взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций в контрольной группе животных установил преобладание прямых парных корреляций над обратными через 1 мес. эксперимента и их равное соотношение в оставшиеся сроки исследования (таблица 2). Прямые взаимосвязи показателей ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, ВДА и норкового рефлекса) между собой выявлялись у интактных животных во все сроки исследования, что указывает на стабильность ориентировочной и пассивно-оборонительной форм поведения животных независимо от их возраста.

Таблица 1. — Показатели поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле», подвергавшихся 4-месячному ингаляционному воздействию энтомофторина

Показатели	Концентрация препарата, мг/м <sup>3</sup>													
	1,1±0,2				3,0±0,25				20,0±1,4					
	сроки воздействия (в мес.)													
	1	2	3	4	1	2	3	4	В.п.	1	2	3	4	В.п.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ГДА	0	0	0	0	0	0	0	0		↑	↑	↑	↑	0
ВДА	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
Норковый рефлекс	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	↓	0
Груминг	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	↑	0
Эмоц. реактивность	0	0	0	0	0	0	0	↑	0	0	↑	↑	↑	0
КЭН	0	0	0	0	0	0	0	↑	0	↑	↑	↑	0	
Примечания: 1 — 0 — отсутствие изменений. 2 — ↑ — увеличение показателя. 3 — ↓ — снижение показателя. 4 — В.п. — 1 мес. восстановительного периода. 5 — ГДА — горизонтальная двигательная активность. 6 — ВДА — вертикальная двигательная активность. 7 — КЭН — количество эпизодов неподвижности.														

Таблица 2. — Динамика корреляций показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» при 4-месячном хроническом воздействии энтомофторина

Парные корреляции показателей	Сроки воздействия (в мес.)															
	1				2				3				4			
	контроль	1,1	3,0	20	контроль	1,1	3,0	20	контроль	1,1	3,0	20	контроль	1,1	3,0	20
ГДА – ВДА	0,85	0,68	0,62	0,83	0,9	0,9	0,91	0,8	0,89	0,84	0,8	0,73	0,93	0,71	0,76	0,96
ГДА – норки	0,7	0,79	0,7	0,74	0,72	0,71	0,68	0,81	0,89	0,85	0,79	0,75	0,92	0,68	0,57	0,84
ГДА – груминг	0,69	0,87	–	-0,71	0,69	0,78	–	-0,56								
ГДА – ЭР	-0,78	-0,71	-0,54	–	-0,68	-0,69	-0,89	–	-0,6	-0,5	–	–	-0,85	-0,53	0,59	–
ВДА – норки	0,52	0,77	0,72	0,59	0,71	0,61	0,57	0,71	0,83	0,8	0,77	0,56	0,92	0,74	0,55	0,84
ВДА – груминг	0,69	0,53	0,56	-0,58												
ВДА – ЭР	-0,6	-0,51	-0,73	–	-0,7	-0,76	-0,8	–	-0,55	–	–	–	-0,79	-0,54	–	–
норки – груминг	0,63	0,61	–	-0,76												
норки – ЭР					-0,57	-0,53	-0,54	-0,5	-0,69	-0,58	-0,52	–	-0,79	–	–	0,66
руминг – ЭР	-0,57	-0,6	-0,56	0,63	-0,51	-0,68	–	0,75								
Новые парные корреляции																
ГДА – груминг										0,78	0,79				0,82	0,52
ГДА – неподвижность												-0,56		-0,85		
ВДА – груминг						0,67		-0,64		0,74	0,73				0,77	
ВДА – неподвижность		0,54	-0,52				-0,55					-0,58				
норки – груминг						0,68		-0,59		0,64	0,7				0,65	0,59
норки – ЭР		-0,63	-0,57													
норки – неподвижность			-0,6				-0,53							-0,59	-0,74	
груминг – ЭР																0,54
груминг – неподвижность				0,64							0,51					
ЭР – неподвижность				0,59								0,58				
Примечания: 1 — Сильные ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) и средние ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) парные корреляции, представленные в таблице, достоверны ( $P < 0,05$ ). 2 — «–» — исчезновение парных корреляций. 3 — -0,71 — маркировка парадоксальных (изменивший знак парной корреляции на противоположный) взаимосвязей. 4 — 1,1±0,2 — действующая; 3,0±0,25 — пороговая; 20,0±1,4 — действующая концентрации энтомофторина в мг/м <sup>3</sup> .																

Прямые взаимосвязи показателей ориентировочно-исследовательской активности (ГДА, ВДА и норкового рефлекса) с грумингом и обратная парная корреляция груминга с ЭР через 1 и 2 мес. эксперимента характеризуют состояние конфликта и свидетельствуют о поведении смещенной активности в условиях преобладания мотивации страха, вызванного незнакомой обстановкой [4]. По мере адаптации к условиям тестирования [4, 5] выявлено снижение эмоциональной реакции страха у интактных животных, что подтверждает исчезновение вышеуказанных взаимосвязей в оставшиеся сроки исследования (таблица 2).

Обратные парные корреляции ГДА, ВДА и норкового рефлекса с ЭР у интактных животных в течение всего эксперимента свидетельствуют о повышенной ориентировочно-исследовательской активности крыс и их низкой эмоциональности, когда локомоция отражает наличие исследовательского поведения, что соответствует снижению эмоциональной реакции страха [4]. Полученные нами данные изучения поведения интактных крыс в тесте «открытое поле» методом парных корреляций совпадают с результатами исследований А.Л. Маркель и соавторов [4, 6].

Анализ парных корреляций между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс при воздействии минимальной концентрации энтомофторина установил сохранение взаимосвязей в течение 2-х мес. эксперимента и исчезновение 1 взаимосвязи в оставшиеся сроки опыта по сравнению с группой параллельного контроля (таблица 2).

В группе новых парных корреляций появление прямой взаимосвязи ВДА с КЭН, обратной взаимосвязи между норковым рефлексом и ЭР через 1 мес. воздействия, обратных парных корреляций ГДА и норкового рефлекса с КЭН в конце эксперимента указывает на возникновение комплекса реакций, связанных с развитием защитного торможения. Появление новых прямых взаимосвязей между показателями ориентировочно-исследовательской активности и грумингом через 2; 3; 4 мес. поступления препарата характеризует состояние конфликта и свидетельствует о поведении смещенной активности с преобладанием мотивации страха под воздействием антигена.

Таким образом, использование парного корреляционного анализа для изучения динамики взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» позволило выявить изменения парных корреляций на минимальном уровне воздействия препарата.

Исследование парных корреляций между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» при воздействии пороговой концентрации энтомофторина выявило сохранение большинства взаимосвязей по сравнению с группой параллельного контроля и исчезновение 2 взаимосвязей во все сроки эксперимента (таблица 2). Появление прямой парадоксальной (изменившей знак парной корреляции на противоположный) взаимосвязи между ГДА и ЭР в конце опыта свидетельствует о нарастании процесса эмоционального возбуждения в вегетативной нервной системе и возбуждения в других отделах ЦНС, что связано с компенсаторными реакциями, развивающимися в ответ на длительную антигенную нагрузку на организм.

Появление новых обратных взаимосвязей: норкового рефлекса и ЭР через 1 мес. воздействия, ВДА и норкового рефлекса с КЭН в разные сроки поступления препарата указывают на возникновение комплекса реакций, связанных с развитием защитного торможения. Новые прямые взаимосвязи показателей ориентировочно-исследовательской активности с грумингом через 3 и 4 мес. эксперимента свидетельствуют о снижении ориентировочно-исследовательской активности и замещении ее другим видом деятельности — грумингом. Полученные изменения характеризуют состояние конфликта и свидетельствуют о поведении смещенной активности в результате длительного воздействия пороговой концентрации антигена.

Анализ поведенческих и вегетативных реакций крыс в результате воздействия пороговой концентрации энтомофторина выявил напряжение регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, не выходящих за пределы его компенсаторных возможностей.

Оценка парных корреляций между поведенческими и вегетативными реакциями подопытных животных при действии действующей концентрации энтомофторина выявила сохранение 3 из 9 через 1 мес. и половины взаимосвязей в оставшиеся сроки исследования, а также исчезновение 2–3 парных корреляций в разные сроки эксперимента по сравнению с группой параллельного контроля (таблица 2). Появление парадоксальных обратных взаимосвязей показателей ориентировочно-исследовательской активности с грумингом и прямых взаимосвязей груминга с ЭР в первые 2 мес. эксперимента, как и парадоксальной прямой взаимосвязи норкового рефлекса с ЭР в конце эксперимента, свидетельствует о существенном нарастании возбуждения в вегетативной нервной системе и возбуждения в других отделах ЦНС, что связано с компенсаторными реакциями в ответ на длительную токсическую нагрузку на организм.

Появление новых прямых взаимосвязей груминга и ЭР с КЭН через 1 мес., ЭР с КЭН через 3 мес. воздействия препарата, а также обратных парных корреляций ориентировочно-исследовательской активности с грумингом и КЭН через 3 мес. поступления препарата свидетельствует об одновременном нарастании возбуждения и торможения в разных отделах ЦНС и возбуждения в вегетативной нервной системе в ответ на действие токсической дозы антигена. Новые прямые парные корреляции ориентировочно-исследовательской активности с грумингом и груминга с ЭР в конце эксперимента свидетельствуют о возбужденном состоянии животных, связанном с компенсаторными реакциями в ответ на длительное воздействие токсической дозы препарата на ЦНС и формированием пассивно-оборонительной формы поведения.

Оценивая полученные результаты, можно заключить, что длительное ингаляционное воздействие энтомофторина в действующей концентрации вызывало у крыс нарушение ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения, проявившегося в увеличении тревожности, негативной эмоциональности, повышении локомоторной активности с параллельным снижением норкового рефлекса. Усиление двигательной активности, указывающее на возбужденное состояние, связано с компенсаторными реакциями в ответ на токсическое действие препарата на ЦНС подопытных животных.

Анализ состояния подопытных животных через 1–3 мес. поступления энтомофторина в действующей концентрации свидетельствует о напряжении регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, а через 4 мес. воздействия — о перенапряжении вышеуказанных механизмов, выходящих за пределы компенсаторных возможностей. Вместе с тем тотальная мобилизация защитных сил организма позволяет нормализовать поведенческие и вегетативные реакции подопытных животных за 1 мес. восстановительного периода (таблица 1).

**Заключение.** Изучение механизма действия энтомофторина на поведенческие и вегетативные реакции белых беспородных крыс в долгосрочном эксперименте по мере увеличения уровней воздействия препарата методом комплексной ре-

гистрации показателей ориентировочно-исследовательского и эмоционального поведения животных по изменениям среднестатистических значений биомаркеров эффекта и методом парных корреляций позволило выявить патогенез интоксикации и механизм защиты гомеостаза организма от воздействия антигена микробного происхождения.

Полученные нами результаты сопоставимы с данными исследований А.Л. Маркель для интактных животных [4, 6]. Изучение динамики парных корреляций у подопытных животных, подвергавшихся воздействию энтомофторина, показало, что «приспособительный эффект наблюдается не только и не столько на самих показателях, а в системе взаимосвязей между ними» [7].

Для корректного анализа воздействия биопрепаратов на поведение крыс в тесте «открытое поле» целесообразно снимать показатели на 3 и более уровнях дезинтеграции (для регистрации изменений на минимальных уровнях воздействия) у 16 и более животных (для регистрации средних ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) и сильных ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) парных корреляций) в течение 10–12 мин, т. к., по данным исследований А.Л. Маркель [6], у интактных крыс локомоция начинает отражать наличие исследовательского поведения для двигательной активности на 10–11-й мин теста, что связано со снижением эмоциональной реакции страха. Для детального анализа характеристик поведения крыс в тесте «открытое поле» целесообразна регистрация параметров методом главных компонент для выявления причин, объясняющих изменчивость поведения подопытных животных [4].

Данные исследования необходимы для обоснования новых биомаркеров эффекта при изучении поведения крыс в тесте «открытое поле» с целью использования их при санитарной стандартизации препаратов.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Эффективное использование метода парных корреляций для изучения поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» обязывает соблюдать стандартизацию экспериментов и изучать динамику парных корреляций у 16 и более животных в группе на 3 и более уровнях воздействия препарата с оценкой динамики взаимосвязей между 10 и более биомаркерами эффекта.

2. При отсутствии или незначительных изменениях среднестатистических значений показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» на минимальных уровнях воздействия метод парных корреляций позволил выявить механизм действия препарата на состояние ЦНС подопытных животных.

3. Анализ динамики взаимосвязей между показателями поведенческих и вегетативных реакций крыс в тесте «открытое поле» в условиях хронического эксперимента по мере увеличения уровней воздействия позволил выявить механизм действия биопрепарата на ориентировочно-исследовательское и эмоциональное поведение интактных и подопытных животных, а также механизм защиты гомеостаза организма от воздействия антигена микробного происхождения.

#### Литература

1. Методические рекомендации по токсикометрии / Под ред. И.В. Санюцкого. — М.: Секретариат СЭВ, 1987. — 162 с.
2. Маркель, А.Л. Метод комплексной регистрации поведенческих и вегетативных реакций у крыс при проведении теста «открытого поля» / А.Л. Маркель, Р.А. Хусаинов // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. — 1976. — Т. 26, № 6. — С. 1314–1318.
3. Зайцев, В.М. Прикладная медицинская статистика / В.М. Зайцев, В.Г. Лифляндский, В.И. Маринкин. — СПб.: ФОЛИАНТ, 2006. — 432 с.
4. Маркель, А.Л. Факторный анализ поведения крыс в тесте открытого поля / А.Л. Маркель, Ю.К. Галактионов, В.М. Ефимов // Журн. высш. нервной деятельности им. И.П. Павлова. — 1988. — Т. 38, № 5. — С. 855–863.
5. Хоничева, Н.М. Изменение врожденных форм двигательного поведения у крыс при длительной гипокинезии / Н.М. Хоничева, М. Поппай // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. — 1979. — Т. 29, № 5. — С. 970–977.
6. Маркель, А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытого поля» / А.Л. Маркель // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. — 1981. — Т. 31, № 2. — С. 301–306.
7. Разжевайкин, В.Н. Применение метода корреляционной адаптометрии в медико-биологических задачах. Исследование операций (модели, системы, решения) / В.Н. Разжевайкин, М.И. Шпитонков, А.Н. Герасимов. — М.: ВЦ РАН, 2002. — 155 с.

## BIOINSECTICIDE ENTOMOPHTHORIN INFLUENCE ON RATS BEHAVIOUR IN THE “OPEN FIELD” TEST IN CHRONIC EXPERIMENT

*Orlenkovich L.N.*

*“Labour Medicine, Ltd”, Riga Stradins University Occupational & Environmental Health Institute, Riga, Latvia*

The bioinsecticide entomophthorin influence on white outbred rats' behavior in the “open field” test has been studied in chronic experiment by the changes estimation of average values indices and by the method of pair correlations. The pair correlations method allowed to reveal the mechanism of biopreparation action on rats' roughly-research and emotional behavior in the minimal doses impact. The obtained results have been used in justification of new sensitive and hygienically significant effect biomarkers for the estimation of biopreparation's influence on rats' behaviour in the “open field” test. These observations can be used at a substantiation of hygienic safety standards.

**Keywords:** white outbred rats, bioinsecticide, pair correlations of rats' behavioral and vegetative reactions parameters, hygienic reclamation.

Поступила 19.07.2016

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА НА МИКРОБИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

*Орленкович Л.Н.*

*ООО «Медицина труда» Института охраны труда и здоровья окружающей среды Рижского университета Страдыня, Рига, Латвия*

**Реферат.** Изучено влияние биоинсектицида энтомофторина на аутофлору кишечника крыс в хроническом эксперименте по изменениям среднестатистических значений показателей микробиоценоза и методом парных корреляций. Метод парных корреляций позволил выявить механизм действия биопрепарата на микрофлору кишечника на разных уровнях де-

зинтеграции. Аутофлора кишечника эффективно противостоит токсическому действию антигена микробного происхождения. Полученные данные использованы при обосновании новых чувствительных и гигиенически значимых биомаркеров эффекта для оценки влияния биоинсектицидов на микробиоценоз кишечника при гигиенической регламентации.

**Ключевые слова:** микробиота кишечника, биоинсектицид, динамика парных корреляций показателей микрофлоры кишечника, гигиеническое нормирование.

**Введение.** Диагностика и профилактика заболеваний, связанных с воздействием факторов производственной среды, является приоритетной в профилактической токсикологии. Гигиеническая регламентация биопрепаратов с учетом количественной и качественной оценки токсического эффекта на низких уровнях воздействия является основной задачей профилактической токсикологии при решении вопроса о безопасности их производства и применения. Воздействие биопрепаратов в хроническом эксперименте в недействующих и пороговых концентрациях вызывает незначительные изменения количественного состава микробиоценоза кишечника по среднестатистическим значениям показателей. Метод комплексной регистрации количественного состава микрофлоры по изменениям среднестатистических значений показателей и методом парных корреляций дает возможность более точной оценки состояния микробиоты кишечника подопытных животных, выявляя патогенез интоксикации и механизмы защиты гомеостаза организма от воздействия антигенов микробного происхождения. Данные исследования необходимы для оценки состояния микрофлоры кишечника при воздействии биоинсектицидов и для обоснования новых биомаркеров эффекта с целью использования их при гигиенической регламентации биопрепаратов.

**Цель работы** — изучение влияния биоинсектицида энтомофторина в хроническом эксперименте на состояние микробиоценоза кишечника крыс методом комплексной регистрации изменений среднестатистических значений биомаркеров эффекта и методом парных корреляций.

**Материалы и методы.** Объектом изучения явился биоинсектицид энтомофторин, созданный на основе энтомопатогенного гриба *Entomophthora thaxteriana*. Титр препарата —  $2,5 \times 10^7 \div 5 \times 10^7$  микробных тел в 1 г. В опытах при повторном 4-месячном ингаляционном поступлении препарата на уровне недействующей, пороговой, действующей концентраций использованы белые беспородные крысы-самцы массой 180–220 г, содержащиеся в стандартных условиях вивария при естественном освещении на стандартном пищевом рационе. Статистическая группа состояла из 15–20 особей. Исследования проведены согласно методическим рекомендациям [1] в соответствии с правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных целей (Страсбург, 1986). Регистрацию показателей проводили через 1; 2; 3; 4 мес. эксперимента и 1 мес. восстановительного периода. Для оценки состояния микробиоценоза кишечника определяли количество анаэробов, аэробов, бифидобактерий, лактобацилл, бактероидов, кишечных палочек, протеев, стафилококков, грибов рода *Candida* [2]. Парные корреляции между показателями выявляли с применением пакета прикладных программ Statistica 6.0. Исходя из количества животных в группе, регистрировали сильные ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) и средние ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) взаимосвязи ( $P < 0,05$ ). Достоверность парных корреляций оценивали с помощью  $\chi^2$ -теста (Pearson Correlation, SPSS for Windows 16).

**Результаты и их обсуждение.** Недействующая концентрация энтомофторина ( $1,1 \pm 0,2$  мг/м<sup>3</sup>) не вызывала во все сроки исследования изменений среднестатистических значений показателей количественного состава микрофлоры кишечника (таблица 1). Пороговая концентрация препарата ( $3,0 \pm 0,25$  мг/м<sup>3</sup>) вызывала у животных дисбиоз 1 (латентной) степени [3, 4] в связи с нарастанием количества кишечных палочек, что указывает на снижение резистентности и расценивается как снижение функции экологического барьера, не выходящее за пределы компенсаторных возможностей организма. Через 1 мес. восстановительного периода показатели количественного состава аутофлоры кишечника нормализовались (таблица 1).

Действующая концентрация препарата ( $20,0 \pm 1,4$  мг/м<sup>3</sup>) через 1 мес. опыта вызывала нарастание *E.coli* и протеев; через 2 и 3 мес. добавилось нарастание грибов рода *Candida*, в конце опыта выявлено нарастание *E.coli*, стафилококков, грибов рода *Candida*, что соответствует дисбиозу 2-й степени и указывает на угнетение регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, выходящих за пределы его компенсаторных возможностей.

Количественный состав микробиоты нормализовался через 1 мес. восстановительного периода (таблица 1).

Таблица 1. — Изменения показателей количественного состава аутофлоры кишечника крыс, подвергавшихся 4-месячному ингаляционному воздействию энтомофторина

Показатели	Концентрация препарата, мг/м <sup>3</sup>														
	1,1±0,2				3,0±0,25					20,0±1,4					
	срок и воздействия (в мес)														
	1	2	3	4	1	2	3	4	В.п.	1	2	3	4	В.п.	
<i>E.coli</i>	0	0	0	0	↑	↑	↑	↑	0	↑	↑	↑	↑	0	
Протеи	0	0	0	0	0	0	0	0		↑	↑	↑	0		
Стафилококки	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	↑	0	
Грибы рода <i>Candida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0		0	↑	↑	↑	0	
Степень дисбиоза	0	0	0	0	1	1	1	1		2	2	2	2		
Примечания: 1. — 0 — отсутствие изменений. 2. — ↑ — увеличение показателя. 3 — ↓ — снижение показателя. 4 — В.п. — 1 мес. восстановительного периода.															

Исследование динамики парных корреляций между представителями микробиоценоза кишечника крыс в хроническом эксперименте оказалось эффективным, выявив ряд новых закономерностей, подтвердив выдвинутые нами предположения [5] и результаты исследований Ю.В. Несвижского с соавт. для интактных животных [6].

Анализ взаимосвязей между представителями аутофлоры в контрольной группе животных выявил преобладание синергизма над антагонизмом (таблица 2). Данное преобладание свидетельствует, что обитателям микробиоценоза нет необходимости быть антагонистами друг друга, т. к. каждый в их общей среде обитания выполняет конкретные функции; численность каждого вида строго контролируется представителями анаэробной/аэробной бактериальной аутофлоры и грибной микробиоты. Синергизм представителей защитной анаэробной микрофлоры между собой и с *E.coli* во все сроки исследования указывает на стабильность фактора колонизационной резистентности, представляющего защитную микрофлору кишечника, контролирующую состав условно-патогенной аутофлоры и соотношение анаэробов/аэробов микробиоты кишечника. Антагонизм аэробной аутофлоры (аэробов, *E.coli*, протеев, грибов рода *Candida*) со стафилококками, выявленный в разные сроки эксперимента, а также антагонизм естественных антагонистов (анаэробов, бифидобактерий, лактобацилл с аэробами) через 3 и 4 мес. исследования поддерживает аутофлору кишечника в состоянии относительного динамического равновесия, создавая экологический барьер против колонизации кишечника условно-патогенными микроорганизмами из внешней среды.

Таблица 2. — Динамика парных корреляций показателей микробиоценоза кишечника крыс при 4-месячном воздействии энтомофторина

Парные корреляции показателей	Срок и воздействия (в мес.)															
	1				2				3				4			
	К	1	3	20	К	1	3	20	К	1	3	20	К	1	3	20
<b>Бифидобактерий</b> с лактобациллами	0,55	0,67	0,56	0,69	0,71	0,74	0,85	0,74	0,76	0,72	0,7	0,71	0,75	0,83	0,79	0,73
бактероидами					0,62	0,75	–	–	0,57	0,72	-0,6	-0,54				
анаэробами	0,51	0,54	0,56	0,51	0,73	0,75	0,59	-0,53	0,8	0,83	0,62	–	0,82	0,88	0,6	0,73
аэробами									-0,78	-0,72	-0,61	0,72	-0,72	-0,71	-0,72	0,73
<i>E.coli</i>	0,54	0,62	0,61	0,56	0,57	0,6	0,93	0,75	0,65	0,65	0,75	0,71	0,56	0,74	0,58	0,71
грибами рода <i>Candida</i>	0,61	0,61	–	–	0,59	0,53	–	-0,55	0,62	0,67	0,59	-0,62	0,54	0,61	0,65	-0,58
<b>Лактобацилл</b> с бактероидами	0,67	0,83	0,81	-0,58	0,55	0,72	–	-0,56	0,58	0,64	–	-0,66	0,58	–	–	-0,67
анаэробами					0,72	0,58	0,64	–	0,72	0,67	0,73	-	0,78	0,73	0,65	1
аэробами									-0,51	-0,85	-0,67	1				
<i>E.coli</i>	0,59	0,54	0,53	0,64	0,56	0,57	0,81	0,75	0,55	–	–	0,66	0,6	0,66	–	–
грибами рода <i>Candida</i>	0,69	0,51	–	–	0,57	0,52	–	-0,52	0,71	–	–	-0,52	0,78	–	–	–
<b>Бактероидов</b> с <i>E.coli</i>									0,52	–	-0,55	-0,52	0,55	0,59	-0,62	–
протейями									0,53	0,59	–	–	0,52	0,52	-0,58	-0,54
<b>Анаэробов</b> с аэробами									-0,67	-0,74	-0,65	–	-0,64	-0,72	-0,76	1
<i>E.coli</i>					0,65	–	0,63	–	0,6	0,66	0,71	–	0,6	0,56	0,86	-
грибами рода <i>Candida</i>					0,53	–	–	–	0,71	0,68	0,51	–	0,73	–	–	–
<b>Аэробов</b> с <i>E.coli</i>	0,73	0,67	0,7	0,75												
стафилококками	-0,63	-0,54	-0,62	-0,65	-0,59	-0,54	-0,52	-0,69								
<i>E.coli</i> с стафилококками	-0,78	-0,57	-0,7	–	-0,52	-0,61	-0,6	-0,74								
грибами рода <i>Candida</i>	0,72	0,8	0,6	–	0,64	0,62	0,56	–	0,64	0,62	0,57	–				
<b>Протеев</b> с грибами рода <i>Candida</i>	0,52	–	–	0,7	0,76	0,63	0,61	-0,66					0,68	0,56	0,58	-0,55
стафилококками									-0,65	-0,53	-0,74	-0,59	-0,65	–	–	–
Стафилококки – грибы рода <i>Candida</i>													-0,53	-0,64	-0,75	–
Новые парные корреляции																
Бифидобактерии – аэробы								0,59								
Бифидобактерии – протеи						0,8	0,77			0,6	0,56	0,7		0,5	0,75	

Окончание таблицы 2

Парные корреляции показателей	Срок и воздействия (в мес.)															
	1				2				3				4			
	К	1	3	20	К	1	3	20	К	1	3	20	К	1	3	20
Бифидобактерии – стафилококки		-0,53	-0,59	-0,65		-0,59	-0,65	-0,7		-0,63	-0,64	-0,68		-0,63	-0,7	-0,74
Лактобациллы – анаэробы		0,53	0,54	0,81												
Лактобациллы – аэробы				0,52				0,65						-0,54	-0,69	1
Лактобациллы – протеи						0,83	0,85					0,8			0,53	0,74
Лактобациллы – стафилококки		-0,61	-0,58			-0,56	-0,66	-0,72			-0,58	-0,85		-0,56	-0,73	-0,84
Бактероиды – анаэробы				-0,55		0,58				0,64						-0,67
Бактероиды – аэробы										-0,64		-0,64				-0,67
Бактероиды – <i>E.coli</i>			0,58	-0,58												
Бактероиды – стафилококки			-0,61							-0,63		0,61				0,58
Анаэробы – аэробы				0,6												
Анаэробы – <i>E.coli</i>				0,73												
Анаэробы – протеи				0,63		0,62			0,58	0,51						0,74
Анаэробы – стафилококки				-0,74												-0,84
Аэробы – протеи										-0,74	0,82				-0,59	0,74
Аэробы – стафилококки												-0,85				-0,84
Аэробы – грибы рода <i>Candida</i>												-0,53				
<i>E.coli</i> – аэробы							0,5					0,65			-0,6	
<i>E.coli</i> – протеи							0,65									
<i>E.coli</i> – стафилококки												-0,72		-0,53		
Протеи – стафилококки				-0,51			-0,54	-0,58								
Протеи – грибы рода <i>Candida</i>										0,58	-0,79					
Стафилококки – грибы рода <i>Candida</i>				-0,59						-0,69	-0,72					

Примечания:  
1 — Сильные ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) и средние ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) парные корреляции, представленные в таблице, достоверны ( $P < 0,05$ ).  
2 — «-» — исчезновение парных корреляций.  
3 — -0,58 — маркировка парадоксальных (изменивших знак парной корреляции на противоположный) взаимосвязей.

Количество обратных взаимосвязей между показателями микрофлоры у интактных животных выявлено на уровне 1/5 и 1/6 через 1; 2 мес. и более 1/3 — через 3–4 мес. исследования, что связано с нормальными изменениями в состоянии микрофлоры кишечника по мере старения организма (таблица 3).

Синергизм бифидобактерий, лактобацилл, анаэробов с грибами рода *Candida* в разные сроки опыта указывает на слабую иммуногенность защитной анаэробной аутофлоры и участие в формировании колонизационной резистентности кишечника (таблица 2). Синергизм с условно-патогенной собственной аутофлорой препятствует проникновению в слизистую оболочку кишечника условно-патогенных/патогенных микроорганизмов извне, более агрессивных по сравнению с грибами рода *Candida*, имеющихся в микрофлоре в небольших количествах. Нарастание бактериальной микробиоты в собственном микробиоценозе грибы рода *Candida* сдерживают вместе с представителями защитной анаэробной аутофлоры.

Анализ парных корреляций между представителями микрофлоры кишечника у животных при воздействии минимальной концентрации энтомофторина установил сохранение большинства прямых взаимосвязей, исчезновение и возникновение новых прямых и обратных взаимосвязей во все сроки исследования. Количество обратных взаимосвязей увеличено и выявлено на уровне 1/4 и 1/3 через 1 и 2 мес., 1/2 и почти 2/3 взаимосвязей через 3 и 4 мес. эксперимента по сравнению

с контролем, что связано не только с изменениями аутофлоры по мере старения организма, но и с воздействием препарата. Появление новых прямых взаимосвязей лактобацилл и бактериоидов с анаэробами, бифидобактерий и анаэробов с протеями в разные сроки исследования указывает на активацию защитной микробиоты против нарастания общего количества аэробной микрофлоры, особенно стафилококков, во все сроки опыта. Это подтверждает антагонизм бифидобактерий, лактобацилл, бактериоидов, *E.coli* и грибов рода *Candida* против вышеуказанной аутофлоры. Таким образом, аутофлора кишечника как неспецифический фактор защиты организма активно реагирует на воздействие минимальной дозы антигена (таблицы 2, 3).

Таблица 3. — Динамика количества парных корреляций микрофлоры кишечника крыс, подвергавшихся 4-месячному ингаляционному воздействию энтомофторина

Количество парных корреляций	Срок и воздействия (мес.)															
	1				2				3				4			
	К	1	3	20	К	1	3	20	К	1	3	20	К	1	3	20
Сильные	3	2	3	5	4	4	6	8	6	6	7	11	6	6	8	14
Средние	9	12	11	14	11	12	11	11	12	15	14	12	11	12	11	7
Прямые	10	10	9	11	13	12	12	9	14	14	11	10	13	11	9	11
Обратные	2	4	5	8	2	4	5	10	4	7	10	13	4	7	10	10
Сохранившиеся		11	9	8		13	10	5		14	12	4		13	10	4
Исчезнувшие		1	3	4		2	5	5		3	4	7		4	5	7
Новые		3	5	10		3	7	9		7	7	12		5	7	11
Парадоксальные				1				5			2	7			2	6
$r = +1$												1				3

Примечания:  
1 — Сильные ( $0,7 \leq R \leq 1,0$ ) и средние ( $0,497 \leq R \leq 0,699$ ) парные корреляции, ( $P < 0,05$ ).  
2 — Парадоксальные — изменившие знак парной корреляции на противоположный.  
3 —  $r = +1$  — прямая линейная функциональная зависимость.

Анализ парных корреляций между представителями аутофлоры кишечника у подопытных животных при воздействии пороговой концентрации препарата выявил исчезновение 1/4 через 1; 3 мес. и около 1/3 взаимосвязей через 2; 4 мес. опыта; появление 2 парадоксальных парных корреляций через 3 и 4 мес.; возникновение 5 через 1 мес. и 7 новых взаимосвязей в остальные сроки опыта. Незначительное нарастание количества сильных парных корреляций отмечено через 2–4 мес. исследования. Количество обратных взаимосвязей между показателями микрофлоры возросло на 35; 27; 62; 80% через 1; 2; 3; 4 мес. эксперимента (таблица 3).

Появление обратных парадоксальных взаимосвязей бифидобактерий и *E.coli* с бактериоидами через 3 мес., обратных парадоксальных парных корреляций *E.coli* и протеев с бактериоидами через 4 мес. воздействия свидетельствует о нарастании условно-патогенных форм бактериоидов (таблица 2). Новые прямые взаимосвязи лактобацилл с анаэробами, бифидобактерий, лактобацилл с протеями, бактериоидов с *E.coli* в разные сроки исследования указывают на активацию защитной микрофлоры в отношении нарастания общего количества анаэробной и аэробной микрофлоры, особенно стафилококков, во все сроки эксперимента. Это подтверждает появление антагонизма бифидобактерий, лактобацилл, бактериоидов, анаэробов, протеев, *E.coli* против вышеуказанной аутофлоры. Появление синергизма защитной анаэробной микрофлоры между собой и с защитной аэробной аутофлорой сохраняет микробиоту кишечника в состоянии относительного динамического равновесия (таблица 2). Оценка состояния аутофлоры кишечника во все сроки исследования свидетельствует о снижении функции экологического барьера, напряжении регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, не выходящих за пределы его компенсаторных возможностей.

Изменения микробиоценоза кишечника указывают на мобилизацию защитной анаэробной и аэробной микрофлоры на воздействие пороговой дозы антигена с появлением новых сильных прямых и обратных взаимосвязей, что компенсирует изменения количественного состава аутофлоры, исчезновение, а также появление парадоксальных парных корреляций. Микробиота кишечника полностью справляется с антигенной нагрузкой на данном уровне воздействия препарата.

Анализ парных корреляций между представителями микрофлоры кишечника у подопытных животных при поступлении действующей концентрации энтомофторина выявил сохранение 8 взаимосвязей через 1 мес. и 5–4–4 в оставшиеся сроки исследования. Исчезновение взаимосвязей нарастало в обратной последовательности: 4–5–7–7 от 1-го к 4-му мес. воздействия (таблица 3). Появление новых и парадоксальных взаимосвязей в аутофлоре кишечника указывает на существенное нарастание стафилококков и бактериоидов через 1 мес. эксперимента. В последующие сроки воздействия к данным изменениям добавилось нарастание общего количества анаэробов и грибов рода *Candida*. Оценка взаимосвязей показала, что антагонизм к условно-патогенной аутофлоре проявляла защитная анаэробная микрофлора, *E.coli*, протеи. Нарастание грибов рода *Candida* связано со сдерживанием нарастания анаэробной и аэробной бактериальной микрофлоры, что подтверждают обратные парадоксальные взаимосвязи бифидобактерий, лактобацилл и протеев с грибами рода *Candida* через 2; 3; 4 мес. воздействия препарата.

Синергизм антагонистов (бифидобактерий, лактобацилл, анаэробов) с аэробной микрофлорой через 3 и 4 мес. воздействия противостоит токсическому действию энтомофторина. Появление прямых линейных функциональных зависимостей ( $r = +1,0$ ) лактобацилл и анаэробов с аэробами через 4 мес. поступления препарата указывает на тотальную мобилизацию защитных сил организма в ответ на действие токсической дозы антигена (таблица 2).

Анализ состояния микробиоты кишечника через 1 и 2 мес. воздействия энтомофторина в действующей концентрации указывает на существенное снижение функции экологического барьера, а через 3, 4 мес. — не только на существенное

снижение функции экологического барьера, но и перенапряжение регуляторных механизмов факторов неспецифической защиты организма, выходящих за пределы компенсаторных возможностей. Тотальная мобилизация защитных сил организма, связанная с полной перестройкой системы взаимосвязей между представителями аутофлоры кишечника в конце воздействия, позволяет за 1 мес. восстановительного периода полностью возобновить ее количественный состав (таблица 1). Это указывает на то, что микробиоценоз кишечника является стабильным фактором неспецифической защиты организма, способным эффективно противостоять выраженному токсическому действию антигена микробного происхождения.

**Заключение.** Изучение механизма действия энтомофторина на микробиоценоз кишечника белых беспородных крыс с оценкой динамики парных корреляций между показателями аутофлоры кишечника в 4-месячном хроническом эксперименте по мере увеличения уровней воздействия препарата позволило более точно оценить состояние микробиоценоза кишечника подопытных животных с выявлением механизмов защиты гомеостаза организма от воздействия антигена микробного происхождения.

Полученные результаты сопоставимы с исследованиями других авторов, т. к. показали, что «уровень корреляций между параметрами изменяется в сторону повышения при увеличении адаптационной нагрузки. Приспособительный эффект наблюдается не только и не столько на самих показателях, а в системе взаимосвязей между ними» [7].

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. При отсутствии или незначительных изменениях среднестатистических значений показателей количественного состава аутофлоры кишечника в недействующей и пороговой концентрациях препарата метод парных корреляций позволил выявить механизм действия на микробиоценоз кишечника подопытных животных на минимальных уровнях воздействия.

2. Микробиота кишечника способна эффективно противостоять выраженному токсическому действию антигена микробного происхождения.

3. Анализ динамики взаимосвязей между представителями аутофлоры кишечника в хроническом эксперименте по мере увеличения уровней воздействия биопрепарата позволил обосновать чувствительные и гигиенически значимые биомаркеры эффекта с оценкой степени напряженности компенсаторных механизмов при интоксикации.

4. Обоснованные биомаркеры эффекта могут быть применены для оценки риска воздействия биопрепаратов на микробиоту кишечника и обоснования гигиенических регламентов аналогичных препаратов.

#### Литература

1. Методические рекомендации по токсиметрии / Под ред. И.В. Саноцкого. — М.: Секретариат СЭВ, 1987. — 162 с.
2. Микельсаар, М.Э. Методика определения количественного состава микрофлоры кала / М.Э. Микельсаар, А.А. Ленцнер, Л.А. Гольянова // Лаб. дело. — 1972. — № 1. — С. 41–45.
3. Дисбактериоз желудочно-кишечного тракта / В.М. Бондаренко [и др.] // Рос. журн. гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. — 1998. — Т. 7, № 1. — С. 66–70.
4. Комплексная диагностика, лечение и профилактика дисбиоза кишечника в клинике внутренних болезней: метод. рекомендации / С.Д. Митрохин [и др.]. — М., 1997. — 45 с.
5. Орленкович, Л.Н. Оценка риска воздействия биоинсектицидов на микробиоценоз кишечника материнского организма и потомства в эксперименте / Л.Н. Орленкович // Медицина труда и пром. экология. — 2012. — № 2. — С. 12–18.
6. Влияние различных уровней витамина D и кальция в рационе на изменчивость микробиоценоза крыс / Ю.В. Несвижский [и др.] // Вопр. питания. — 2008. — Т. 77, № 4. — С. 66–69.
7. Разжевайкин, В.Н. Применение метода корреляционной адаптометрии в медико-биологических задачах. Исследование операций (модели, системы, решения) / В.Н. Разжевайкин, М.И. Шпитонков, А.Н. Герасимов. — М.: ВЦ РАН, 2002. — 155 с.

## BIOINSECTICIDE ENTOMOPHTHORIN INFLUENCE RESEARCH ON BOWELS MICROBIOCENOSIS IN THE CHRONIC EXPERIMENT

*Orlenkovich L.N.*

*“Labour Medicine, Ltd”, Riga Stradins University Occupational & Environmental Health Institute, Riga, Latvia*

The bioinsecticide entomophthorin influence on white outbred rats' bowels microbiocenosis has been studied in continuous chronic exposure conditions by the estimation of indices average values changes and by the method of pair correlations. The pair correlations method allowed to reveal the mechanism of biopreparation action on the bowels microbiota at different disintegration levels. The bowels microbiota resists effectively to the toxic action of the microbial antigen. The obtained results have been used in justification of new sensitive and hygienically significant effect biomarkers for the influence estimation of bioinsecticides on the bowels microbiota. These observations can be used at a substantiation of hygienic safety standards.

**Keywords:** bowels microbiota, bioinsecticide, dynamics of intestinal microbiota interrelations indices, hygienic regulation.

Поступила 19.07.2016

## КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ОПАСНОСТЕЙ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ — ГЕРБИЦИДА «ПАРАДОКС, ВРК» (120 г/л ИМАЗАМОКС), АДЬЮВАНТА АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> ЭТОКСИЛАТА ИЗОДЕЦИЛОВОГО СПИРТА)

*Петрова С.Ю., Ильюкова И.И., Гомолко Т.Н., Борис О.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** По состоянию на май 2016 г. в Беларуси зарегистрировано более 700 наименований средств защиты растений. Для обеспечения мер по безопасному обращению с ними необходимы токсиколого-гигиенические исследования по оценке токсикометрических параметров препаратов.

По результатам острых и подострых токсикологических экспериментов с учетом принципов идентификации и классификации опасностей, по параметрам острой токсичности при внутрижелудочном и дермальном путях поступления гербицид «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) относится к 4-му классу опасности (малоопасное вещество). Адьювант АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксилата изодецилового спирта) относится к 3-му классу опасности при однократном внутрижелудочном введении, при кожном нанесении препарат классифицируется как малоопасное вещество (4-й класс опасности) [1, 2].

Результаты изучения раздражающих свойств показали, что гербицид обладает слабым раздражающим действием на кожу и умеренным — на слизистые оболочки. Адьювант не оказывает раздражающего действия на кожные покровы лабораторных животных, но классифицируется как вещество, обладающее слабым ирритативным действием.

В условиях повторного 30-суточного внутрижелудочного введения препаратов белым крысам, кумулятивных эффектов по критерию смертности не выявлено. Коэффициент кумуляции — больше 5,1. При этом установлено, что гербицид оказывает общетоксическое действие с преимущественным нарушением функции печени и белкового обмена.

Препараты оказывают сенсибилизирующее действие в тесте опухания лапы мыши.

**Ключевые слова:** токсичность, среднесмертельная доза (DL<sub>50</sub>), кумулятивные свойства, ирритативное, кожно-раздражающее, сенсибилизирующее действия.

**Введение.** В последнее десятилетие в Республике Беларусь наблюдается интенсификация сельскохозяйственного производства, что сопровождается увеличением масштабов использования пестицидов, ростом использования агрохимикатов со всеми их как положительными, так и отрицательными эффектами. Как и в большинстве стран мира, в Беларуси отмечается тенденция к увеличению числа регистрируемых средств защиты растений, что объясняется совершенствованием состава препаративных форм, необходимостью ротации пестицидов с целью снижения химической нагрузки на население.

Для предупреждения неблагоприятных последствий применения новых пестицидов необходимо проводить исследования по выявлению их токсикологических свойств, влияния на окружающую природную среду. Для обеспечения мер по безопасному обращению с ними проводятся токсиколого-гигиенические исследования по оценке токсиметрических параметров препаратов. В последующем безопасность применения пестицидов обеспечивается соблюдением установленных регламентов и правил применения пестицидов.

**Цель работы** — для предотвращения негативного влияния на здоровье населения провести токсиколого-гигиенические исследования гербицида «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) и адьюванта АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксилата изодецилового спирта) производства ЗАО «Август-Бел» для идентификации и маркировки опасностей, подготовки паспортов безопасности химической продукции, согласования аварийных карточек.

В процессе выполнения исследований решались следующие задачи: изучить в экспериментах на лабораторных животных параметры острой токсичности в условиях однократного внутрижелудочного введения, оценить сенсибилизирующее, местно-раздражающее действие на кожные покровы, ирритативное действие на слизистые оболочки, изучить кумулятивные свойства при повторном внутрижелудочном введении гербицида «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) и адьюванта АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксилата изодецилового спирта).

**Материалы и методы.** Материалом исследований являлись: гербицид «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) и адьювант АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксилата изодецилового спирта).

Препарат «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) предназначен для применения в сельском хозяйстве в качестве послевсходового системного гербицида широкого спектра действия для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками. Механизм действия препарата характеризуется наличием контактного и остаточного действия. В растениях ингибируется синтез аминокислот — ацетогидроксиацид синтазы АГКС. Гербицид представляет собой водорастворимый концентрат, содержащий действующее вещество — имазамокс (105–135 г/дм<sup>3</sup>).

Адьювант «АДЬЮ, Ж» (900 г/дм<sup>3</sup> этоксилата изодецилового спирта) предназначен для применения в сельском хозяйстве в качестве воднодиспергируемых и водорастворимых гранул (сульфонилмочевины, имидазолины, пиридинкарбоновые кислоты, прочие) для повышения их биологической активности и представляет собой раствор неионогенного поверхностно-активного вещества в воде.

Механизм действия адьюванта заключается в уменьшении поверхностного натяжения рабочего раствора гербицида, обеспечении образования однородной пленки на надземных частях растения. Благодаря этому гербицид лучше удерживается на поверхности растения, а также лучше поглощается растением. Усиливается эффективность действия гербицида на растения сорняков. В отдельных случаях это позволяет существенно уменьшить норму расхода гербицида на единицу посевной площади.

Использовались общепринятые в лабораторной практике методы исследований: токсикологические, биохимические, гематологические. Эксперименты на животных проведены с соблюдением правил биоэтики. Исследования проведены в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, руководствами. Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием программы Statistica 6 [3, 4].

Токсичность при остром внутрижелудочном поступлении изучали в опытах на белых крысах путем однократного введения в желудок гербицида в дозах 2500; 3160; 3980; 5010 мг/кг, адьюванта — в дозах 2500; 2000; 1580; 1260 мг/кг. Препараты с помощью иглы-зонда вводили белым крысам массой 220±10 г, дозы объемно не превышали физиологической вместимости желудка. Динамику выживания и развития явлений интоксикации (раздражающий эффект слизистой рта, угнетение животных, адинамию и некоторые другие признаки отравления), а также гибель животных регистрировали в течение 14 сут.

Параметры острой дермальной токсичности определяли в эксперименте на белых беспородных крысах (самки) при нанесении на кожу препаратов в дозе 2500 мг/кг.

Кумулятивные свойства изучены при 20-кратном дозозмонотонном внутрижелудочном введении в дозе 500,0 мг/кг для гербицида и в дозе 194,0 мг/кг для адьюванта. Животным контрольной группы внутрижелудочно вводили дистиллированную воду в эквивалентных объемах.

Состояние сенсибилизации воспроизводили с помощью смеси 0,33% раствора препарата в физиологическом растворе и полного адьюванта Фрейнда (ПАФ) при соотношении 1:1. В объеме 60 мкл смесь внутрикожно вводили подопытным животным в основание хвоста. В контроле использовали смесь физиологического раствора и ПАФ в эквивалентном объеме.

На 6-е сут после введения препарата для определения гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) внутрикожно вводили разрешающую дозу препарата (по 40 мкг 0,33% раствора каждого препарата в физиологическом растворе на животное) в апоневроз задней лапы. Результаты провокационного внутрикожного теста опухания лапы (ТОЛМ) учитывали через 24 ч.

**Результаты и их обсуждение.** В условиях однократного внутрижелудочного введения DL<sub>50</sub> гербицида для белых крыс составила более 5000,0 мг/кг, что позволило отнести препарат к малоопасным веществам (4-й класс опасности) при однократном внутрижелудочном введении [3, 4]. DL<sub>50</sub> адьюванта составила 1940 (1600–2300) мг/кг, что позволило отнести препарат к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности).

Среднесмертельная доза препаратов при нанесении на кожу белых крыс составила более 2500 мг/кг, что позволило отнести препараты к малоопасным веществам (4-й класс опасности).

Однократное нанесение гербицида в дозе 20 мг/см<sup>2</sup> на выстриженные участки кожи белых крыс размером 4×4 см на 4 ч приводило к развитию эритемы. Среднесуммарный балл выраженности раздражающего действия (I<sub>cut</sub>) составил 1,33 балла. Следовательно, препарат классифицируется как вещество, обладающее слабым раздражающим действием на кожные покровы. Нанесение Адьювант «АДБЮ, Ж» не вызывало изменений со стороны кожных покровов. Кожа оставалась гладкой, блестящей, без сухости. Среднесуммарный балл выраженности раздражающего действия (I<sub>cut</sub>) составил 0 баллов. Следовательно, препарат — вещество, не оказывающее раздражающего действия на кожные покровы.

Однократная инстиляция препарата «Парадокс, ВРК» в нижний конъюнктивальный свод глаз кроликов приводила к гиперемии и отеку век у экспериментальных животных, наблюдающихся в течение последующих суток. Среднесуммарный балл выраженности ирритативного действия (I<sub>ir</sub>) составил 3,7 балла. Следовательно, препарат отнесен к веществам, обладающим умеренным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз по выраженности ирритативного действия. Среднесуммарный балл выраженности ирритативного действия (I<sub>ir</sub>) адьюванта составил 2,0 балла. Следовательно, препарат классифицирован как вещество со слабым раздражающим действием на слизистые оболочки глаз.

В ходе эксперимента не отмечено гибели лабораторных животных, статистически значимых различий по массе тела по сравнению с контрольными животными (таблица 1).

Таблица 1. — Масса тела белых крыс при внутрижелудочном введении препаратов, Ме (25%, 75%)

Группы животных	Масса тела, г
Контроль	270,0 (270; 290)
Гербицид Парадокс	275,0 (260; 290) p = 0,898
Адьювант Адью Ж	275,0 (270; 290) p = 0,95

Дозомонотонное внутрижелудочное введение препаратов в течение 1 мес. (5 раз в неделю) не приводило к гибели животных, что не позволило рассчитать коэффициент кумуляции (коэффициент кумуляции >5,1). Следовательно, препараты не обладают кумулятивными свойствами на уровне проявления смертельных эффектов.

В ходе эксперимента установлено, что внутрижелудочное введение препаратов не вызывало статистически значимых изменений биохимических показателей в сыворотке крови подопытных животных по сравнению с контрольной группой (таблица 2).

Таблица 2. — Биохимические показатели крови белых крыс при внутрижелудочном поступлении препаратов, Ме (25%; 75% квартили)

Показатели	Группы животных		
	контроль	гербицид	адьювант
АлАТ, Ед/л	59,4 (48,8; 67,6)	46,1 (42,1; 73,3) p = 0,48	72,1 (56,0; 84,8) p = 0,14
АсАТ, Ед/л	310,3 (257,6; 325,6)	286,2 (243,4; 346,5) p = 0,66	286,0 (272,4; 302,0) p = 0,75
Мочевина, ммоль/л	12,61 (12,48; 13,60)	12,62 (12,38; 13,24) p = 0,85	13,11 (12,17; 13,41) p = 0,75
Креатинин, мкмоль/л	54,53 (50,99; 60,01)	54,42 (45,27; 56,17) p = 0,41	53,12 (48,87; 59,92) p = 0,65
Глюкоза, ммоль/л	5,17 (4,35; 6,46)	5,81 (5,27; 6,93) p = 0,34	6,30 (5,41; 7,66) p = 0,14
Общий белок, г/л	81,3 (62,4; 94,5)	80,6 (56,3; 89,9) p = 0,70	97,3 (71,3; 119,0) p = 0,41

При повторном внутрижелудочном поступлении гербицида отмечено снижение относительного коэффициента массы (ОКМ) печени, поступление препаратов вызывало увеличение относительного коэффициента массы надпочечников. Относительные коэффициенты массы почек, сердца, селезенки не отличались от величин, полученных в контрольной группе лабораторных животных (таблица 3).

Дозомонотонное внутрижелудочное введение гербицида не приводило к изменению содержания форменных элементов и гемоглобина в периферической крови. Количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов и гемоглобина у опытных животных не отличалось от контрольной группы (таблица 4), тогда как введение адьюванта привело к снижению количества лейкоцитов в периферической крови.

При воздействии гербицида со стороны показателей функционального состояния почек у подопытных животных отмечено снижение креатинина в сравнении с контролем, введение адьюванта характеризовалось повышением концентрации мочевины. Достоверных отличий остальных показателей по сравнению с контрольной группой не выявлено (таблица 5).

Таблица 3. — Относительные коэффициенты масс внутренних органов белых крыс при внутрижелудочном введении препарата, Ме (25%; 75% квантили)

Исследуемые показатели, кг <sup>-3</sup> /кг	Группы животных		
	контроль	гербицид	адьювант
ОКМ печени	23,48 (22,43; 5,34)	21,66 (21,31; 23,31) p = 0,025*	25,38 (23,97; 26,36) p = 0,06
ОКМ почек	4,90 (4,74; 5,11)	4,96 (4,81; 5,39) p = 0,75	4,92 (4,62; 5,16) p = 0,75
ОКМ сердца	2,67 (2,59; 2,93)	2,78 (2,48; 2,83) p = 0,65	2,79 (2,39; 2,81) p = 0,70
ОКМ селезенки	3,19 (3,07; 3,93)	3,32 (2,81; 3,48) p = 0,48	3,72 (3,31; 4,07) p = 0,34
ОКМ надпочечников	0,12 (0,11; 0,13)	0,15 (0,13; 0,15) p = 0,025*	0,15 (0,14; 0,16) p = 0,004*

Примечание — \*— здесь и далее отмечены статистически достоверные отличия от контроля при p<0,05.

Таблица 4. — Морфологический состав периферической крови белых крыс при внутрижелудочном введении препарата, Ме (25%; 75% квантили)

Исследуемые показатели	Группы животных		
	контроль	гербицид	адьювант
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	7,75 (7,35; 8,24)	7,92 (7,76; 8,09) p = 0,57	7,56 (7,23; 7,82) p = 0,22
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	15,4 (11,4; 15,9)	9,00 (7,50; 15,30) p = 0,06	9,50 (9,10; 10,20) p = 0,004*
Гемоглобин, г/л	161,0 (156; 162)	165,0 (150; 166) p = 0,44	161,0 (154; 164) p = 0,61
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	847 (758; 979)	912 (869; 973) p = 0,28	974 (703; 1017) p = 0,85

Таблица 5. — Показатели функционального состояния почек белых крыс при внутрижелудочном введении препарата, Ме (25%; 75% квантили)

Показатели	Группы животных		
	контроль	гербицид	адьювант
pH, у.е.	6,5 (6,0; 6,5)	6,0 (6,0; 6,5) p = 0,26	6,75 (6,0; 7,0) p = 0,52
Диурез, мл/сут	9,56 (8,71; 9,75)	10,47 (9,49; 12,48) p = 0,34	10,08 (9,62; 11,44) p = 0,26
Мочевина, ммоль/л	182,0 (158,5; 211,0)	203,5 (187,5; 212,5) p = 0,42	240,5 (234,5; 256,0) p = 0,025*
Креатинин, ммоль/л	3900 (3650; 4100)	3350 (3250; 3500) p = 0,038*	3400 (3200; 3600) p = 0,09
Общий белок, моль/л	1,05 (0,9; 1,3)	1,4 (0,9; 1,6) p = 0,38	1,45 (1,0; 1,6) p = 0,15

Следовательно, экспериментальные данные свидетельствуют, что в условиях повторного 30-суточного внутрижелудочного введения препаратов белым крысам кумулятивных эффектов по критерию смертности не выявлено. Коэффициент кумуляции — больше 5,1. Гербицид оказывает общетоксическое действие с преимущественным нарушением функции печени и белкового обмена.

При изучении сенсibilизирующего действия препаратов на белых мышьях установлено наличие достоверных изменений среднegrупповых показателей ТОЛМ опытных и контрольных животных (таблица 6).

Таблица 6. — Показатели аллергизации белых мышьях, сенсibilизированных внутрикожно препаратами, мм, M±m

Препарат, показатели	Группы сравнения		
	контроль	гербицид	адьювант
(ТОЛМ)	0,0115±0,003	0,115±0,018 p=0,038*	0,252±0,043 p=0,025*

**Заключение.** На основании исследований с учетом принципов идентификации и классификации опасностей, по параметрам острой токсичности при внутрижелудочном и дермальном путях поступления Гербицид «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) относится к 4-му классу опасности (малоопасное вещество). Адьювант АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксила изодецилового спирта) относится к 3-му классу опасности при однократном внутрижелудочном введении, при накожном нанесении препарат классифицируется как малоопасное вещество (4-й класс опасности). Гербицид обладает слабым раздражающим действием на кожу и умеренным раздражающим действием на слизистые оболочки. Адьювант не оказывает раздражающего действия на кожные покровы лабораторных животных, но классифицируется как вещество, обладающее слабым ирритативным действием. В условиях повторного 30-суточного внутрижелудочного введения препаратов белым крысам кумулятивных эффектов по критерию смертности не выявлено. Коэффициент кумуляции — больше 5,1. При этом установлено, что гербицид оказывает общетоксическое действие с преимущественным нарушением функции печени и белкового обмена. Препараты оказывают сенсibilизирующее действие в тесте опухания лапы мышья.

Для информирования потребителей о возможных опасных свойствах гербицид «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса) необходимо маркировать следующими символами, сигнальными словами и краткой характеристикой опасности (рисунок 1).

На маркировку адьюванта АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксила изодецилового спирта) для информирования потребителей о возможных опасных свойствах необходимо наносить следующие символы, сигнальные слова и краткую характеристику опасности (рисунок 2).



Рисунок 1. — Символы, сигнальные слова и краткая характеристика опасности гербицида «Парадокс, ВРК» (120 г/л имазамокса)



Рисунок 2. — Символы, сигнальные слова и краткая характеристика опасности адьюванта АДЬЮ, Ж (900 г/дм<sup>3</sup> этоксилата изодецилового спирта)

#### Литература

1. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Раздел 15. Требования к пестицидам и агрохимикатам.
2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».
3. Инструкция 1.1.11-12-35-2004 «Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ (определение параметров острой токсичности).
4. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов № 4263-87: утв. МЗ СССР 13.03.1987. — Киев, 1988.
5. ГОСТ 31340-2007 «Предупредительная маркировка химической продукции. Общие требования».

### CLASSIFICATION AND LABELING OF DANGEROUS PLANT PROTECTION PRODUCTS — THE HERBICIDE «PARADOX, RMC» (120 G/L IMAZAMOX), THE ADJUVANT "ADIEU, M" (900 G/DM<sup>3</sup> ETHOXYLATES ISODECYL ALCOHOL)

*Petrova S.Y., Ilyukova I.I., Gomolko T.N., Boris O.A.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

There are more than 700 kinds of plant protection products registered in Belarus as of May 2016. The toxicological and hygienic studies performance for evaluating chemicals toxicological parameters is necessary to ensure the measures for safe handling of plant protection products.

According to the results of acute and subacute toxicological experiments based on the principles of hazard identification and classification, the parameters of acute toxicity in intragastric and dermal routes of receipt the herbicide "Paradox, RMC" (120 g/l imazamox) belongs to IV hazard class (low hazardous substances). The adjuvant "Adieu, M" (900 g/dm<sup>3</sup> isodecyl alcohol ethoxylate) belongs to III hazard class with a single intragastric injection, while cutaneous application of the drug is classified as low hazardous substances (IV hazard class) [1, 2].

The results of the study of irritant properties showed that the herbicide irritates slightly the skin and moderately the mucous membranes. The adjuvant doesn't irritate the skin of laboratory animals, but it is classified as a substance with a slight irritative effect.

In the conditions of repeated 30-day intragastric injection of drugs to white rats, cumulative effects on mortality criterion have not been revealed. The accumulation factor is more than 5.1. It was found that the herbicide has a general toxic effect with primary hepatic impairment and protein metabolism.

The drugs have a sensitizing effect in the mouse paw swelling test.

**Keywords:** toxicity, lethal dose (DL<sub>50</sub>), cumulative properties, irritative, skin-irritant, sensitizing effect.

Поступила 13.07.2016

## ОСОБЕННОСТИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ КЛИНДАМИЦИНА ФОСФАТА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Соболь Ю.А., Чайковская И.А., Пшегорода А.Е., Василькевич В.М., Эрм Г.И., Ушков А.А.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** На основании результатов обоснована предельно допустимая концентрация (ПДК) клиндамицина фосфата на уровне: в воздухе рабочей зоны — 0,5 мг/м<sup>3</sup> с отметкой «а» (аллерген), 2-й класс опасности; в атмосферном воздухе: максимально разовая — 30 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная — 12,0 мкг/м<sup>3</sup>, среднегодовая — 3,0 мкг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** клиндамицина фосфат, токсиколого-гигиеническая оценка, предельно допустимая концентрация.

**Введение.** Исследования проведены в рамках НИР «Токсиколого-гигиенические исследования по обоснованию предельно допустимой концентрации клиндамицина фосфата в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных пунктов», выполняемой в рамках задания подпрограммы «Лекарственные средства» ГНТП «Создание и освоение выпуска современных лекарственных средств на основе продуктов биотехнологического и химического синтеза («Новые лекарственные средства»), 2006–2010 гг. по заданию 03.14. «Разработать технологию производства готовой лекарственной формы лекарственного средства, эквивалентного по терапевтической эффективности зарубежному аналогу клиндамицин, раствор для инъекций, обладающего бактериостатическим и противомикробным действием. Освоить выпуск в ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов» (номер госрегистрации 20093062) по этапам: 03.14.01.02. «Провести 1 этап токсиколого-гигиенических исследований по обоснованию ПДК клиндамицина в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе»; 03.14.01.03. «Закончить токсиколого-гигиенические исследования по обоснованию ПДК клиндамицина в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе».

**Цель работы** — разработка и обоснование предельно допустимой концентрации клиндамицина фосфата в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных пунктов.

**Материалы и методы.** Объектом исследований служил клиндамицин фосфат — антибиотик, предназначенный для производства раствора для внутривенного и внутримышечного введения. Препарат применяется при инфекционно-воспалительных заболеваниях, вызванных чувствительными к клиндамицину микроорганизмами, при заболеваниях инфекционной природы: ЛОР-заболевания (тонзиллит, фарингит, синусит, средний отит, скарлатина); болезни органов дыхания (бронхит, пневмония, абсцесс легкого, эмпиема плевры), кожи и мягких тканей (фурункулез, целлюлит, импетиго), костей и суставов (остеомиелит и гнойный артрит); гинекологические инфекции, инфекционные процессы в брюшной полости, септицемия и эндокардит, инфекции полости рта.

Изучение токсичности и опасности клиндамицина фосфата проводили в острых и субхронических экспериментах на 3 видах лабораторных животных (нелинейные самки и самцы белых крыс, исходная масса 180–220 г; нелинейные самки и самцы белых беспородных мышей, исходная масса 18–22 г; кролики-альбиносы массой 2500–3000 г), которые были получены из экспериментально-биологической клиники Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Условия содержания животных соответствовали требованиям «Санитарных правил по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)» № 1045-73, утвержденных Главным государственным врачом СССР 6.04.1973. Рацион животных был составлен в соответствии с нормами, утвержденными приказом МЗ СССР от 10.09.1983 № 11-79. Перед проведением опытов лабораторные животные проходили карантин и акклиматизацию в условиях вивария в течение 14 дней. Экспериментальные группы животных формировали методом случайной выборки с учетом массы тела в качестве определяющего показателя, при этом разность в массе тела животных составляла не более 10%. При проведении экспериментов ежедневно наблюдали за общим состоянием животных, потреблением корма и воды.

Токсиколого-гигиенические исследования клиндамицина фосфата проводили согласно требованиям действующих документов [1, 2].

**Токсичность и опасность острого смертельного отравления.** Целью изучения являлось определение его переносимых, токсических и летальных доз и причин наступления гибели животных. Оценка острой токсичности клиндамицина фосфата проведена при разных путях введения (внутрижелудочный, внутрибрюшинный) на 2-х видах лабораторных животных — белых беспородных мышках и нелинейных белых крысах обоего пола. Группы самцов и самок подопытных животных формировали отдельно, каждая группа содержала по 6 самцов и такое же количество самок.

Для оценки острой внутрижелудочной токсичности подопытным животным вводили однократно внутрижелудочно 10% (мыши) и 25% (крысы) водный раствор клиндамицина фосфата с помощью иглы-зонда. Дозы клиндамицина фосфата составили: крысы — от 1500 до 2500 мг/кг; мыши — от 2000 до 3000 мг/кг.

Для оценки острой внутрибрюшинной токсичности подопытным животным однократно внутрибрюшинно вводили 2,5% водный раствор клиндамицина фосфата (мыши) и 10% водный раствор препарата (крысы) с помощью стерильных одноразовых шприцев. Дозы клиндамицина фосфата составили для крыс и мышей — от 500 до 1000 мг/кг. Животным контрольных групп в аналогичных условиях эксперимента вводили дистиллированную воду в эквивалентных количествах.

Наблюдение за подопытными животными осуществляли в течение 14 сут после введения препарата. В ходе исследования острой токсичности регистрировали общее состояние животных, особенности их поведения, потребление корма и воды, характер симптомов интоксикации, количество погибших животных, срок их гибели и описание макроскопических изменений со стороны внутренних органов. Количественные параметры острой токсичности рассчитывали с помощью компьютерной программы RTGIC «Toxi», производства Copyright (1995).

**Оценка раздражающего действия на слизистую оболочку глаз.** Выявление раздражительного действия проводили путем однократного внесения в нижний конъюнктивальный свод правого глаза кроликов 50–100 мкл 20% водного раствора клиндамицина фосфата, при этом наблюдали за состоянием слизистой оболочки и конъюнктивы глаз животных непосредственно после инстилляций, в течение первых 24 ч после внесения препарата и в последующем на протяжении 2-х недель эксперимента. Контролем служил левый глаз, в который закапывали 1–2 капли дистиллированной воды. Регистрировали наличие или отсутствие признаков раздражения слизистой глаз (слезотечение, птоз, блефароспазм, инъекцирование сосудов склеры и т. д.), их выраженность и длительность.

*Изучение местного раздражающего действия.* Изучение местного раздражающего кожу действия клиндамицина фосфата проведено на крысах. На спинах крыс выстригали «окошечки» размером 4×4 см. На правый бок в «окошечки» однократно наносили 20% водный раствор клиндамицина фосфата в объеме 0,32 мл, на левый бок — дистиллированную воду (контроль). На опытных и контрольных участках контролировали функциональное состояние кожи: эритематозную реакцию — по выраженности тона гиперемии, а также толщину кожной складки. Оценку функционального состояния кожи на опытных и контрольных участках проводили в баллах.

*Изучение кожно-резорбтивного действия.* Задачей этапа исследований по оценке кожно-резорбтивного действия являлось получение альтернативного ответа о возможности вещества проникать через неповрежденную кожу и вызывать интоксикацию организма при многократном воздействии. Изучение кожно-резорбтивного действия проводили на крысах с использованием «пробирочной» модели, т. к. с ее помощью можно оценить воздействие на кожу максимальных количеств исследуемого вещества. Животные помещались в специальные домики (изолированно друг от друга) с отверстиями для хвоста. Хвост погружался в пробирку с 20% водным раствором клиндамицина фосфата. Хвосты контрольных животных погружались в пробирку с дистиллированной водой. Оценку резорбтивного эффекта проводили путем измерения объема хвостов по ходу эксперимента, а также в конце субхронического эксперимента (20-кратные повторные аппликации по 5 раз в неделю), кроме того регистрировали смертельные эффекты, клинические симптомы интоксикации и признаки раздражения кожи хвостов. По окончании субхронического эксперимента крыс умерщвляли методом мгновенной декапитации. Собирали вытекавшую из шейных сосудов кровь. Сыворотку крови отделяли от форменных элементов путем центрифугирования (3000 об./мин). Гемолизаты получали путем лизиса эритроцитов в дистиллированной воде или соответствующем буфере. Гемолизаты и пробы сыворотки крови исследовали немедленно после получения. Для оценки токсического действия клиндамицина фосфата по окончании субхронического эксперимента использовали комплекс физиологических, общеклинических, гематологических и биохимических методов исследования и тестов.

*Изучение кумулятивных свойств.* Целью изучения кумулятивных свойств клиндамицина фосфата являлось определение в эксперименте его способности накапливаться в организме животных и оказывать неблагоприятное воздействие на уровне проявления смертельных эффектов или значительный токсический эффект на функциональное состояние органов и систем лабораторных животных. Кумулятивные свойства клиндамицина фосфата изучали методом Ю.С. Кагана и В.В. Станкевича (1964) в условиях субхронического 30-суточного (по 5 раз в неделю) введения в желудок белых крыс в дозах, кратных 1/5 и 1/10 от DL<sub>50</sub>, установленных в остром опыте (контрольные животные получали водопроводную воду в эквивалентных количествах). В течение всего эксперимента проводили систематическое наблюдение за состоянием и поведением животных, потреблением ими корма и воды, отмечали возможные проявления токсичности, учитывали количество и сроки возможной гибели животных, снимали физиологические параметры (масса и температура тела, ЧСС, СПП). По окончании субхронического эксперимента животных опытной и контрольной групп умерщвляли и исследовали ряд физиологических, гематологических и биохимических параметров, отражающих функциональное состояние органов и систем организма подопытных крыс.

*Изучение сенсibilизирующей способности.* Аллергенную активность изучали на модели воспроизведения сенсibilизации при внутрикожном введении в основание хвоста белых мышей (12 животных в опытной группе) по 60 мкл препарата в дозе по 100 мкг в смеси 1:1 с полным адьювантом Фрейнда (ПАФ). Контрольным животным в эквивалентных дозах вводилась смесь физиологического раствора и ПАФ. Выявление аллергизации проводили на 6-е сут опыта провокационным внутрикожным тестом опухания лапы мыши (ВТОЛ) при введении в апоневроз задней лапы животных контрольных и опытных групп разрешающей дозы препарата (по 130 мкг на животное). Измерения проводили до введения раствора и через 24 ч после его введения.

Для оценки токсического действия клиндамицина фосфата по окончании субхронических экспериментов использовали комплекс физиологических, гематологических и биохимических методов исследования и тестов.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием пакета программ Excel 2010, Statistica 8.0. Сравнение между двумя независимыми группами по количественным признакам проводили параметрическим методом с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически достоверными считали различия сравниваемых величин при уровне ошибки  $p < 0,05$ .

Эксперименты с животными проводились с соблюдением Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в эксперименте (1986).

**Результаты и их обсуждение.** Изучены параметры острой токсичности клиндамицина фосфата на двух видах лабораторных животных (мыши, крысы) обоего пола (группы самцов и самок подопытных животных формировали отдельно) при разных путях введения (внутрижелудочный, внутрибрюшинный).

Результаты исследований позволили установить следующие параметры токсикометрии клиндамицина фосфата: DL<sub>50</sub> крысы в/ж — 1869±167,4 мг/кг; DL<sub>50</sub> мыши в/ж — 2466±212,6 мг/кг; DL<sub>50</sub> крысы в/бр — 752,2±133,6 мг/кг; DL<sub>50</sub> мыши в/бр — 794,0±222,7 мг/кг. Таким образом, клиндамицина фосфат по величине среднесмертельной дозы при введении в желудок относится к 3-му классу опасности (вещества умеренно опасные) по ГОСТ 12.1.007-76 [3], при внутрибрюшинном введении относится к практически нетоксичным веществам (5-й класс токсичности), а в соответствии с модифицированной классификацией Организации экономического содействия (ОЭСД) изложенной в ТКП 125-2008 (02040) — к малотоксичным соединениям (4-й класс токсичности) при внутрижелудочном введении.

При изучении ирритативного действия клиндамицина фосфата в экспериментах на кроликах в условиях однократного воздействия на слизистые оболочки глаз выявлены блефароспазм, гиперемия конъюнктивы, слезотечение. Средний суммарный балл выраженности ирритативного действия составил 3 балла, что по выраженности ирритативного действия соответствует слабому раздражающему действию и относится к 1-му классу.

При изучении раздражающего действия клиндамицина фосфата в условиях однократного воздействия 20% водного раствора на кожные покровы установлено, что препарат не оказывает местного раздражающего действия на кожные покровы белых крыс и относится к 0 классу по выраженности местного раздражающего действия.

При изучении местно-раздражающих и кожно-резорбтивных свойств клиндамицина фосфата установлено, что длительное эпикутанное воздействие препарата не вызывает признаков раздражения (0 баллов). Клинических симптомов ин-

токсикации и гибели подопытных крыс не наблюдалось на протяжении всего эксперимента. Со стороны физиологических, морфофункциональных показателей, относительных коэффициентов массы внутренних органов достоверных изменений по сравнению с контролем не выявлено.

Следовательно, в условиях повторного эпикутанного воздействия, водный раствор клиндамицина фосфата не обладает местно-раздражающим и кожно-резорбтивным действием.

Для установления кумулятивных свойств водный раствор клиндамицина фосфата вводили в желудок белых крыс в дозах: 373,8 мг/кг (1/5 от ЛД<sub>50</sub>) и 186,9 мг/кг (1/10 от ЛД<sub>50</sub>). На протяжении всего эксперимента не отмечалось видимых симптомов интоксикации и гибели животных, что не позволило рассчитать коэффициент кумуляции.

В процессе длительного введения клиндамицина фосфата в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub> не отмечено статистически значимых отличий физиологических показателей (массы тела, значений суммационно-порогового показателя и частоты сердечных сокращений) у подопытных животных по сравнению с контролем. Со стороны морфологических показателей крови, биохимических показателей крови и мочи не выявлено статистически значимых изменений у подопытных животных по сравнению с животными контрольной группы.

В результате эксперимента установлено, что в условиях субхронического внутрижелудочного воздействия клиндамицин фосфат не обладает кумулятивными свойствами на уровне проявления смертельных эффектов ( $K_{\text{кумуляция}}$  более 5).

В процессе длительного введения клиндамицина фосфата в дозе 1/5 ЛД<sub>50</sub> у животных опытной группы отмечено статистически значимое увеличение значения суммационно-порогового показателя: на 10-е сут — на 9%, на 30-е сут — на 19% ( $p \leq 0,05$ ).

К концу эксперимента со стороны биохимических показателей крови и мочи отмечена тенденция к снижению содержания мочевины у подопытных животных. Однако выявленные изменения статистически не достоверны и не выходят за пределы физиологической нормы [4], но свидетельствуют о некоторой лабильности функций органов под влиянием длительных введений препарата. Остальные физиологические и биохимические показатели крови и мочи у подопытных животных статистически достоверно не отличались от таковых у контрольных животных. Не выявлено статистически достоверных изменений и со стороны относительных коэффициентов массы внутренних органов опытных крыс.

Макроскопически слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта слабо-розового цвета, блестящие, складчатость желудка обычной формы, без изменений. Внутренние органы опытных крыс не отличались от таковых у контрольных животных.

У подопытных животных после внутрижелудочного поступления клиндамицина фосфата не выявлено изменения содержания циркулирующих иммунокомплексов (ЦИК) и лизоцима по сравнению с контролем. Не отмечено статистически достоверных изменений активности комплемента сыворотки крови подопытных групп животных от контрольных. Существенного снижения интегрального показателя бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) не отмечено.

Таким образом, полученные результаты эксперимента по изученным физиологическим, гематологическим, биохимическим и иммунологическим показателям могут свидетельствовать об отсутствии у клиндамицина фосфата способности к кумуляции.

При изучении сенсибилизирующей способности клиндамицина фосфата установлено, что у животных опытной группы при внутрикожном тестировании в апоневроз задней лапы уровни внутрикожной провокационной пробы по абсолютному показателю ВТОЛ превышали более чем в 2 раза таковые в контроле, а среднегрупповые величины имели различия при  $p \leq 0,01$ . В то же время интегральные относительные показатели (в баллах) ВТОЛ были положительны у менее половины опытных животных (4 из 12) со статистически достоверными различиями между среднегрупповыми показателями ВТОЛ в опыте и контроле ( $p \leq 0,05$ ). Выявление положительных кожных аллергических реакций у менее половины опытных животных при статистической достоверности среднегрупповых величин в опыте и контроле по критерию  $t$  ( $p \leq 0,05$ ), позволяет сделать вывод, что клиндамицин фосфат обладает умеренной аллергенной активностью (3-й класс аллергенной опасности).

*Отдаленные последствия действия клиндамицина фосфата.* Прошло более 30 лет, как клиндамицин вошел в арсенал лекарственных средств для лечения инфекционных заболеваний. В доступной литературе не найдено описания проявления отдаленных последствий действия (канцерогенность, тератогенность, эмбриотоксичность) клиндамицина на организм человека и животных. Это обусловлено, в первую очередь, его физико-химическими свойствами, а также особенностями фармакокинетики в организме человека.

*Обоснование ПДК клиндамицина фосфата в воздухе рабочей зоны.* В соответствии с нормативными техническими правовыми требованиями на основании параметров токсикометрии, полученных в результате опытов, а также данных научной литературы рассчитаны среднеарифметические значения ОБУВ клиндамицина фосфата для воздуха рабочей зоны 1,4 мг/м<sup>3</sup>. При расчете учитывались гигиенические стандарты для воздуха рабочей зоны близкого по структуре антибиотика группы линкозамидов — линкомицина гидрохлорида, предельно допустимая концентрация для воздуха рабочей зоны (ПДК в.р.з.) которого составляет 0,5 мг/м<sup>3</sup>, «а», 2-й класс опасности.

Сравнительная характеристика клиндамицина фосфата и линкомицина гидрохлорида позволяет констатировать, что данные препараты относятся к одной фармакологической группе соединений (Линкозамиды) с аналогичным механизмом действия, процессами метаболизма и побочным действием в организме; близки по показателям токсичности: классу опасности, раздражающему действию, отсутствию способности к кумуляции в организме, наличию аллергенного действия.

Учитывая вышесказанное, а также достаточные сведения в отечественных и зарубежных публикациях об опасности этой группы соединений, в соответствии с принципами гигиенического нормирования гигиеническая регламентация клиндамицина фосфата проведена по аналогии с линкомицином гидрохлоридом и рекомендована величина ПДК клиндамицина фосфата в воздухе рабочей зоны — 0,5 мг/м<sup>3</sup> с пометкой «а» (аллерген), 2-й класс опасности.

*Обоснование ПДК клиндамицина фосфата в атмосферном воздухе.* Расчет гигиенических нормативов проводился в соответствии с Методическими указаниями по установлению ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и класса опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [2].

Обоснование величины ПДК разных периодов осреднения включало оценку диапазона действующих уровней и механизмов загрязнителя атмосферного воздуха, при этом учитывались теоретически установленные М.А. Пинигиным средние величины соотношений между среднегодовой, максимальной среднесуточной и максимальной разовой концентрациями, как 1:4:10.

Расчеты прогнозирования гигиенического норматива в атмосферном воздухе клиндамицина фосфата по молекулярной массе, методом аналогии с другим изученным веществом, близким по физико-химическим и биологическим свойствам, по токсиметрическим параметрам, по разработанной величине ПДК в воздухе рабочей зоны и классу опасности в атмосферном воздухе, позволили рекомендовать принять предварительные величины содержания клиндамицина фосфата в атмосферном воздухе населенных пунктов: величина ПДК: максимальная разовая — 30,0 мкг/м<sup>3</sup>; среднесуточная — 12,0 мкг/м<sup>3</sup>; среднегодовая — 3,0 мкг/м<sup>3</sup>. Также на основании расчетов рекомендовано принять для клиндамицина фосфата 2-й класс опасности загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

**Заключение.** На основании комплексных исследований клиндамицина фосфата можно сделать следующие выводы:

- по величине среднесмертельной дозы при введении в желудок относится к 3-му классу опасности (вещества умеренно опасные) по ГОСТ 12.1.007-76. По величине среднесмертельной дозы при внутрибрюшинном введении относится к практически нетоксичным веществам (5-й класс токсичности), а при внутривенном введении — к малотоксичным соединениям (4-й класс токсичности);

- водный раствор клиндамицина фосфата в условиях однократного воздействия на слизистые оболочки глаз оказывает слабое раздражающее действие и относится к 1-му классу по выраженности раздражающего действия. Однократные и повторные аппликации водного раствора клиндамицина фосфата на неповрежденные кожные покровы крыс не оказывают общетоксического и раздражающего действия;

- клиндамицин фосфат не обладает кумулятивными свойствами на уровне проявления смертельных эффектов ( $K_{\text{кумуляция}}$  более 5). В условиях повторного внутривенного введения в массивных дозах препарат не способен к формированию токсических эффектов, приводящих к нарушению жизнедеятельности отдельных органов, систем и организма в целом, что свидетельствует об отсутствии у клиндамицина фосфата способности к кумуляции в организме;

- клиндамицин фосфат обладает умеренной сенсибилизирующей способностью, что определяет необходимость при его производстве предусматривать меры по ограничению контакта с ним работающих, применению средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожных покровов и глаз;

- обоснованы ПДК клиндамицина фосфата: в воздухе рабочей зоны — 0,5 мг/м<sup>3</sup> с отметкой «а» (аллерген), 2-й класс опасности; в атмосферном воздухе: максимально разовая — 30 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная — 12,0 мкг/м<sup>3</sup>, среднегодовая — 3,0 мкг/м<sup>3</sup>, 2-й класс опасности.

#### Литература

1 Инструкция 1.1.11-12-206-2003. Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 30.12.2003 // Сб. сан. правил по ком. гигиене. — Минск, 2004. — Ч. 2. — С. 11–63.

2 Методические указания по установлению ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и класса опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест; № 11-7-2-97 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. — Минск, 1997.

3 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности; Введ. 01.01.1977. — М.: Госстандарт СССР, 1977. — 22 с.

4 Показатели нормы у лабораторных животных в токсикологическом эксперименте / И.М. Трахтенберг [и др.]. — М.: Медицина, 1978. — С.176.

## FEATURES OF HYGIENIC REGULATION OF CLINDAMYCIN PHOSPHATE IN WORKING ZONE AIR AND AMBIENT AIR OF SETTLEMENTS

*Sobal Yu.A., Tchaikovskaya I.A., Pshegroda A.E., Vasilkevich V.M., Erm G.I., Ushkov A.A.  
Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The research object is clindamycin phosphate, an antibiotic of a group of lincosamides for intravenous and intramuscular injection. The purpose of the paper is to develop and prove the maximum permissible concentration of clindamycin phosphate in working zone air and ambient air of settlements. On the basis of the results of own research, and subject to literary data the maximum permissible concentration of clindamycin phosphate has been proved at the level of: in working zone air — 0.5 mg/m<sup>3</sup> with the mark "a" (allergen), hazard class 2; in ambient air: maximum one-time — 30 mkg/m<sup>3</sup>, average daily — 12.0 mkg/m<sup>3</sup>, average annual — 3.0 mkg/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** clindamycin phosphate, toxicological and hygienic assessment, maximum permissible concentration.

Поступила 26.07.2016

## ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ-ПРОДУЦЕНТОВ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ИХ ОСНОВЕ

*Филонюк В.А.<sup>1</sup>, Шевляков В.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Минский инновационный университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Разработаны унифицированные методические подходы, принципы и критерии поэтапного гигиенического регламентирования жизнеспособных микроорганизмов-продуцентов и биопрепаратов на их основе.

**Ключевые слова:** микроорганизмы-продуценты, микробные препараты, гигиеническое регламентирование и нормирование в воздухе рабочей зоны.

**Введение.** Направления быстро развивающийся промышленной и медицинской биотехнологии основаны на использовании различных видов и родов штаммов и серотипов селективных или мутантных микроорганизмов-продуцентов (далее — МО) в качестве пробиотических пищевых препаратов, продуцентов белка (биомасса, кормовые добавки), биологи-

чески активных веществ (амино-, протео-, пекто-, целлюлолитические и другие ферменты, разнообразные антибиотики, аминокислоты, витамины и другие), микробиологических препаратов (далее — МП) для защиты и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, выщелачивания и концентрирования металлов, защиты окружающей среды от загрязнений и деградации токсических отходов, увеличения добычи нефти, производства мясо-молочной и хлебобулочной продукции и т.д.

Вместе с положительным эффектом применения продуктов современной биотехнологии, при производстве и использовании МО и МП на их основе возможно загрязнение ими производственной среды, выделение в воздух рабочей зоны с вредным воздействием на здоровье работников, что определяет необходимость их гигиенического регламентирования на этапах разработки, производства и использования.

Вместе с тем существующие в большинстве стран постсоветского пространства методические подходы и критерии изучения и гигиенического регламентирования МО и МП не учитывают современные требования, не унифицированы и затратны, в полной мере не обеспечивают безопасное внедрение в практику многочисленных новых штаммов МО и биопрепаратов различного назначения.

Следовательно, разработка методологии гигиенической регламентации МО и МП на их основе, обеспечивающих, с одной стороны, их практическое производство и использование, а с другой, действенность госнадзора за объектами биотехнологического производства, безопасные условия труда и профилактику профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости работников, является актуальным и необходимым.

**Цель работы** — разработка методологии гигиенического регламентирования МО и МП на их основе, а также их гигиенического нормирования в воздухе рабочей зоны.

**Материалы и методы.** Экспериментальные исследования выполнялись с учетом действовавших [1] и оригинальных методических подходов на рандомизированных по полу и массе лабораторных животных (белые мыши, белые крысы, кролики) при различных уровнях, экспозициях и путях воздействия МО и МП на организм.

**Результаты и их обсуждение.** Согласно положениям Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденных решением Комиссии таможенного союза 28.05.2010 № 299 (Гл. II; разд. 15 Требования к пестицидам и агрохимикатам), и других действующих технических нормативных правовых актов МО и биопрепараты на их основе должны подвергаться токсиколого-гигиеническим исследованиям в объеме первичной токсикологической оценки, позволяющим разработать раздел требований безопасности «Технических условий на препарат» и провести процедуру государственной регистрации, а в последующем и гигиенической регламентации в окружающей среде, обеспечивающей безопасность МО или МП при производстве и применении для здоровья работников и населения.

Схема исследований по обоснованию гигиенических регламентов МО и МП и их ПДК в воздухе рабочей зоны включает 3 основных этапа.

Исследования 1-го этапа по первичной токсикологической оценке МО предусматривают определение в острых опытах основных признаков патогенности с целью отбора штаммов для последующей постановки исследований по нормированию или запрещения использования изучаемого МО в производстве по показателям:

- 1) степень патогенности по относительной величине  $DL_{50}$ ;
- 2) токсигенность и токсичность микроорганизма.

В процессе исследования 97 штаммов микроорганизмов-продуцентов в зависимости от таксономической принадлежности обоснованы рациональные унифицированные условия постановки острых экспериментов при однократном введении стандартных доз МО интраназально белым крысам (по  $1,0 \times 10^8$  микробных клеток на животное (м.кл./жив.)) и белым мышам (по  $2,0 \times 10^7$  м.кл./жив.), внутрижелудочно белым крысам (по  $3,0 \text{ см}^3$  в концентрации  $1,0 \times 10^9$  м.кл./см<sup>3</sup> на 180 г массы) и внутрибрюшинно белым мышам (по  $0,5 \text{ см}^3$  в исходной концентрации  $1,0 \times 10^9$  м.кл./см<sup>3</sup> на 20 г массы животного) [2].

Поскольку для большинства промышленных штаммов МО (полученных путем селективного отбора или направленного мутагенеза из природных штаммов) характерным при однократном воздействии на организм теплокровных животных является, как правило, или отсутствие летальности, или гибель всего 1–2 животных из опытной группы даже после введения максимально возможных больших доз, то рассчитать величину  $DL_{50}$  по 1–2 испытанным дозам, испытанная доза будет заведомо ниже  $DL_{50}$ . Поэтому для количественной оценки степени патогенности нами впервые предложены интегральный показатель патогенности МО или МП по относительной величине  $DL_{50}$  в м.кл./кг, а также критерии соответствующей их дифференциации по 4-м классам опасности (таблица), аналогичные таковым на вредные и опасные химические вещества.

Таблица 1. — Классификация опасности микроорганизмов и микробных препаратов по степени патогенности в острых опытах

Интегральный показатель степени патогенности	Класс опасности (по степени патогенности)			
	I	II	III	IV
При внутрижелудочном введении белым крысам (относительная величина $DL_{50}$ ), м.кл/кг	$5,5 \times 10^7$ и менее		$5,6 \times 10^7$ – $5,0 \times 10^9$	$5,1 \times 10^9$ и более
При внутрибрюшинном введении белым мышам (относительная величина $DL_{50}$ ), м.кл/кг	$5,0 \times 10^6$ и менее		$5,1 \times 10^6$ – $5,0 \times 10^9$	$5,1 \times 10^9$ и более
Примечания: 1 — 1-й класс — чрезвычайно опасные (1 и 2 группы патогенных микроорганизмов). 2 — 2-й класс — высокоопасные (3 и 4 группы микроорганизмов-возбудителей инфекционных заболеваний). 3 — 3-й класс — умеренно опасные (условно патогенные) микроорганизмы. 4 — 4-й класс — малоопасные (непатогенные) микроорганизмы.				

При установлении в острых опытах при внутрижелудочном и внутрибрюшинном введениях МО летальности хотя бы одного животного из опытной группы проводят определение его токсигенности путем внутрикожного введения белым

мышам по 0,5 см<sup>3</sup> фильтрата культуры (исходная концентрации 1,0×10<sup>9</sup> м.кл./см<sup>3</sup>) и токсичности препарата путем внутрибрюшинного введения термически инактивированной суспензии в стандартной дозе по 1,0 см<sup>3</sup> в исходной концентрации 1,0×10<sup>6</sup> м.кл./см<sup>3</sup> на 20 г массы животного.

Критериями для запрещения промышленного использования микроорганизмов-продуцентов по результатам 1-го этапа являются:

- летальность хотя бы одного опытного животного после интраназального введения стандартной дозы суспензии МО белым крысам и мышам;
- относительная величина интегрального показателя патогенности при введении препарата в желудок белых крыс 5,5×10<sup>7</sup> и менее м.кл./кг, а при введении внутрибрюшинно белым мышам — 5,0×10<sup>6</sup> и менее м.кл./кг;
- МО обладает высокой токсичностью и токсигенностью.

МО 1 и 2-го классов опасности запрещаются для промышленного использования.

МО 3 и 4-го классов опасности квалифицируются как промышленные штаммы с внесением их в Коллекцию (музей) микроорганизмов, допускаемых для промышленного производства и широкого использования по назначению, что должно быть отражено в техническом нормативном правовом акте в форме токсикологического паспорта на изученный штамм МО, в котором в обязательном порядке указывают величину интегрального показателя патогенности и класс опасности.

Анализом результатов исследований 97 штаммов МО с учетом разработанных подходов и критериев оценки патогенности установлено, что дифференцированы к 3-му классу опасности по относительной величине внутрибрюшинной патогенности из группы грамположительных неспорообразующих бактериальных палочек и кокков только четыре штамма МО — *Brevebacterium flavum* и *Brevebacterium lactofermentum*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* 1525 TL-AV и *Lysobacter enzymogenes* BB14; из группы грамотрицательных бактериальных палочек — *Pseudomonas putida* 10АП и V, *Pseudomonas fluorescens* S32, *Pseudomonas sp.* ППД-7 и ДДК-11, *Rahnella aquatilis* E 10. Следовательно, большинство изученных штаммов МО (89,7%) отнесены к 4-му классу опасности и не выявлено ни одного из представленных для испытаний МО с 1 и 2-м классом опасности.

Исследования 2-го этапа предусматривают оценку степени патогенности и класса опасности изучаемого МП, на которую может существенно влиять как культуральная среда, так и комбинированный характер токсического действия нескольких штаммов МО, входящих в состав МП, а также определение местного раздражающего действия на слизистую оболочку глаза и выявление сенсибилизирующей способности МП.

Определение степени патогенности и класса опасности МП проводят аналогично как на 1-м этапе с МО, а изучение раздражающего действия в соответствии с общепринятой методикой. Из 29 изученных МП только 3 комбинированных микробных препаратов (Гулливер, Клинкак и Немацид) дифференцированы по острой токсичности к 3-му классу опасности, ни у одного МП не выявлено существенное раздражающее действие на слизистые оболочки и ткани глаз.

Обоснована и разработана унифицированная методика определения степени сенсибилизирующей активности МО (в случае его изолированного производства и применения) или МП, включающая методы воспроизведения (при 5-кратном интраназальном введении препарата белым крысам в стандартной дозе по 0,1 см<sup>3</sup> в исходной концентрации 1,0×10<sup>9</sup> м.кл. на 180 г массы животного) и выявления сенсибилизации (определение гиперчувствительности замедленного типа постановкой провокационного внутрикожного теста опухания лапы (ВТОЛ) путем введения под апоневроз задней лапы каждого животного опытной и контрольной групп суспензии МО в стандартной дозе по 1,0×10<sup>6</sup> м.кл./жив., не вызывающей существенного неспецифического воспаления), определение интегрального показателя ВТОЛ, критерии количественной оценки степени сенсибилизирующей активности и классификационной аллергенной опасности. Апробация методики показала ее высокую специфичность, чувствительность и объективность, возможность получения сравнимых результатов между разными МП для подбора более безопасных составов [3]. Так, при изучении 6 штаммов микроорганизмов-продуцентов аминокислот и ферментов и 38 одно- и многокомпонентных МП установлено, что 13 и 16 из них соответственно обладают сильной и выраженной сенсибилизирующей активностью (1 и 2-й класс аллергенной опасности), 8 — умеренной и 5 — слабой сенсибилизирующей способностью (3 и 4-й класс аллергенной опасности), только у двух МП на основе пробиотических штаммов МО не выявлены аллергенные свойства.

По результатам 2-го этапа исследований разрабатывают и утверждают в установленном порядке заключение (протокол) по токсиколого-гигиенической оценке МО или МП, в котором приводят результаты экспериментов с указанием степени патогенности и сенсибилизирующей активности, класс токсической и аллергенной опасности, меры медицинской профилактики, необходимые для формирования раздела требований безопасности технических условий на соответствующий препарат и процедуры государственной регистрации, на основании которых препарат допускается к опытно-промышленному производству и использованию по назначению.

Исследования 3-го этапа предусматривают оценку опасности изучаемого МО или МП при ингаляционном воздействии на организм белых крыс в последовательно снижающихся 3–4 концентрациях, кратных 100, начиная с максимальной стандартной концентрации (1,0×10<sup>8</sup> м.кл. в объеме 0,1 см<sup>3</sup>/жив.), с целью выбора ведущего критерия вредности и установления порога вредного действия для обоснования ПДК в воздухе рабочей зоны.

Весьма важно соблюдение унифицированных условий моделирования динамического поступления МО через органы дыхания, предусматривающие ежедневное в течение 1 мес. интраназальное введение дробно на вдохе животного суспензии препарата в объеме по 0,1 см<sup>3</sup> в рабочей концентрации микробных клеток, рассчитываемой еженедельно, исходя из заданных концентраций препарата в воздухе и средней массы животных в опытных группах [1].

Наиболее характерным влиянием на организм животных антигенных субстанций МО является иммуноксическое действие, которое может проявляться аллергизацией, иммунизацией (проявление антигенности МО) и иммуномодуляцией (стимуляция или иммунодефицит) организма. Для их оценки используют широкий комплекс доступных гематологических, иммунологических и аллергологических методов [4].

Для выявления общетоксического действия МО при длительном ингаляционном поступлении в организм лабораторных животных используют общепринятые в практике токсикологического нормирования методы и приемы определения интегральных, биохимических и специфических морфофункциональных показателей, информативно характеризующих состо-

яние организма в целом и его отдельных систем и органов. Вместе с тем для оценки токсических эффектов на ингаляционное воздействие непатогенных штаммов живых МО целесообразно определять наиболее характерные и чувствительные морфофункциональные показатели организма. Среди интегральных наиболее информативны показатели динамики массы тела животных и относительные коэффициенты внутренних органов (печень, сердце, легкие, почки, селезенка, надпочечники), тогда как общие показатели оценки функционального состояния ЦНС (по суммационно-пороговому показателю, поведенческим тестам) и сердечно-сосудистой системы (по частоте сердечных сокращения, ЭКГ) мало информативны [5].

В оценке состояния легочной системы животных рационально определение сурфактанта легких и функциональной способности альвеолярных макрофагов. Для оценки функционального состояния гепатобилиарной системы чувствительны нагрузочные пробы, определение активности ферментов лактатдегидрогеназы в сыворотке крови и сукцинатдегидрогеназы в гомогенате печени животных, продуктов азотистого обмена (особенно клиренс содержания мочевины и креатинина в сыворотке крови и моче).

Характерны для ингаляционного воздействия МО на организм дозозависимые закономерности активации показателей системы перекисного окисления липидов и белков, угнетения антиоксидантной защиты. С этой целью рационально определение в гемолизате крови животных активности ферментов глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, глутатионпероксидазы, супероксиддисмутазы, содержание глутатион восстановленного и др., в сыворотке крови — флуоресценции битирозина и триптофанилов белков.

Особенностью нормирования МО является обязательное выявление возможного дис-биотического и диссимилирующего действия при ингаляционном поступлении в организм, методы определения которых достаточно разработаны [6].

Величину ПДК в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>врз</sub>) МО или МП устанавливают, исходя из определенной в экспериментах величины пороговой концентрации хронического ингаляционного действия по лимитирующим показателям вредного биологического эффекта или недействующей концентрации [5].

За пороговую принимают ту концентрацию исследованного штамма МО или МП, на которую установлены:

- достоверные изменения у животных опытной группы по отношению к контролю не более 2 наиболее чувствительных в основном лимитирующих показателей ведущего вредного общетоксического или иммунотоксического действия на организм;
- проявления аллергического эффекта у 30% и более животных опытных групп (даже при статистической тенденции различий среднegrupповых интегральных показателей ВТОЛ в опыте и контроле);
- умеренно выраженное дисбиотическое и/или диссимилирующее действие.

За недействующую принимают концентрацию исследованного штамма МО или МП, при воздействии которой у животных опытной группы не установлены существенные сдвиги по отношению к контролю всех изученных морфофункциональных показателей организма.

Критерием ведущего вредного действия на организм МО или МП являются закономерные по выраженности в зависимости от воздействующих концентраций однонаправленные сдвиги изученных показателей общетоксического, иммунотоксического, аллергического, дисбиотического или диссимилирующего действия, выявляемые еще у животных опытной группы при воздействии МО или МП в пороговой концентрации (лимитирующие показатели вредного действия).

При этом для экстраполяции экспериментальных данных на организм человека вводят коэффициент запаса с учетом критерия ведущего вредного действия:

- к величине пороговой концентрации, установленной по лимитирующим показателям критерия общетоксического, аллергического, иммунотоксического, дисбиотического или диссимилирующего вредного действия, вводят снижающий коэффициент запаса, равный 10;

- уровень установленной недействующей концентрации принимают за величину ПДК<sub>врз</sub> без введения коэффициента запаса (коэффициент запаса в данном случае равен 1).

МО, определенные уполномоченными организациями здравоохранения (учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор) в качестве промышленных штаммов, относят к условно патогенным или непатогенным — соответственно к 3 и 4-му классам опасности, что соответствует 2-й группе риска по классификации Всемирной организации здравоохранения (умеренно индивидуальный риск и ограниченный риск для населения в целом). Исходя из этого МО или МП, величина ПДК<sub>врз</sub> которых не превышает или равна 5000 м.кл./м<sup>3</sup>, относят к 3-му классу опасности, более 5000 м.кл./м<sup>3</sup> — к 4-му классу опасности. Причем верхний предел величины ПДК<sub>врз</sub> ограничен для МО или МП 4-го класса опасности уровнем 50000 м.кл./м<sup>3</sup>.

Анализ результатов нормированных нами МП свидетельствует, что препараты с высокой и выраженной сенсibiliзирующей активностью (1 и 2-й класс аллергенной опасности), как правило, относятся по величине ПДК<sub>врз</sub> к 3-му классу опасности.

Основные положения обоснованной и апробированной методологии изучения, гигиенического регламентирования и нормирования МО и МП в воздухе рабочей зоны сформулированы в инструкции по применению № 009-1015 «Обоснование предельно допустимых концентраций и методик выполнения измерений содержания в воздухе рабочей зоны микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов на их основе», утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 16.10.2015.

**Заключение.** Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы.

1. Методология изучения и гигиенической регламентации МО и биопрепаратов на их основе в производственной среде учитывает особенности использования жизнеспособных бактерий, микроскопических грибов и спор, позволяет решать вопросы обеспечения гигиенической безопасности для здоровья работников на конкретных этапах от их разработки до промышленного производства.

2. На этапе разработки микроорганизмов с заданными полезными качествами регламентируется их отнесение и включение в Коллекцию (музей) промышленных штаммов микроорганизмов на основе обоснованных количественных критериев степени патогенности и класса опасности микроорганизма-продуцента, определяемых унифицированной методикой.

3. Токсиколого-гигиеническая оценка (заключение) микроорганизма-продуцента или микробного препарата, включающая определение степени патогенности и сенсibiliзирующей активности, раздражающего действия, класса токсиче-

ской и аллергенной опасности, основные меры медицинской профилактики, обеспечивает их безопасное внедрение на этапе опытно-промышленного производства.

4. Разработка ПДК в воздухе рабочей зоны МО или МП с использованием рациональных подходов и методов моделирования и выявления дозозависимого биологического действия, принципов и критериев объективного обоснования величины гигиенического норматива наряду с разработкой аттестованных методик их контроля в производственной среде наиболее эффективно обеспечивает сохранение здоровья работников при производстве и применении по назначению МО и МП.

#### Литература

1. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды: метод. указания № 5789/1-91 / О.Г. Алексеева [и др.]. — М. Инф.-изд. Центр Госкомсанэпиднадзора России, 1993. — 20 с.
2. Метод оценки степени патогенности и опасности микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов / В.В. Шевляков [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2014. — Т. 1, вып. 24. — С. 134–138.
3. Методические подходы к определению степени сенсибилизирующей способности и аллергенной опасности микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов / В.В. Шевляков [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2014. — Т. 1, вып. 24. — С. 131–134.
4. Требования к постановке токсиколого-аллергологических исследований при гигиеническом нормировании белоксодержащих аэрозолей в воздухе рабочей зоны: метод. указания № 11-11-10-2002 / В.В. Шевляков [и др.]; М-во здравоохран. Респ. Беларусь // Сб. офиц. док. по медицине труда и производственной санитарии. — Минск, 2004. — Ч. XIV. — С. 4–49.
5. Филонюк, В.А. Обеспечение гигиенической безопасности биотехнологических производств, использующих микроорганизмы-продуценты (методические подходы к установлению предельно допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны) / В.А. Филонюк, В.В. Шевляков // Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию мед.-проф. ф-та: сб. науч. тр. / Бел. гос. мед. ун-т; редкол.: А.В. Сикорский [и др.]. — Минск: БГМУ, 2015. — С. 426–443.
6. Методы экспериментального определения дисбиотического действия микроорганизмов-продуцентов и биотехнологических препаратов на их основе: инструкция по применению № 008-0914 / М-во здравоохран. РБ. — Минск, 2014. — 16 с.

### THE FEATURES OF RESEARCH AND SANITARY REGULATION OF MICROORGANISMS-PRODUCERS AND BIOLOGICAL PRODUCTS BASED ON THEM

*Filyonyuk V.A.<sup>1</sup>, Shevlaykov V.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Educational Establishment “Minsk Innovation University”, Minsk, Republic of Belarus

The unified methodical approaches, principles and criteria of phased hygienic regulation of viable microorganisms-producers and biopreparations based on them have been developed.

**Keywords:** microorganisms-producers, microbial preparations, hygienic regulation and rating in the air of working zone.

Поступила 15.07.2016

### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМ СРЕДСТВАМ

*Чайковская И.А., Колеснева Е.В., Ковшиова Т.В.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Изучены изменения декоративных свойств и миграция мономеров и других токсических веществ в воздушную среду из полимерных отделочных материалов после обработки дезинфицирующими средствами. Полученные результаты могут быть использованы для установления возможности применения полимерных материалов для отделки помещений, в которых проводится систематическая дезинфекционная обработка различными химическими дезинфицирующими средствами, а также для скрининга менее агрессивных средств.

**Ключевые слова:** полимерные отделочные материалы, дезинфицирующие средства, устойчивость, влажная обработка, декоративные свойства, миграция химических веществ.

**Введение.** Санитарная обработка поверхностей в помещениях учреждений здравоохранения (УЗ) является одним из звеньев в цепи санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на профилактику внутрибольничной инфекции. Основным методом дезинфекции в УЗ в настоящее время является химический, основанный на применении дезинфицирующих средств (далее — дезсредств), обладающих антимикробным действием.

Для дезинфекционных мероприятий в современных условиях используется широкий спектр препаратов [1]. По виду активного действующего вещества дезсредства с моющим действием условно можно распределить на три группы: щелочные хлорсодержащие средства, щелочные с катионными поверхностно-активными веществами и небольшая группа слабощелочные средства на основе перекиси водорода и надуксусной кислоты [2]. По принципу действия дезсредства подразделяются на бактериостатические и бактерицидные. Преимущество отдают тем из них, которые просты в употреблении, хорошо растворяются в воде, эффективно смываются и проявляют высокую дезинфицирующую активность. Кроме того, они также должны хорошо смачивать поверхность загрязненного оборудования и быть антикоррозионными. Сегодня наиболее востребованными являются препараты широкого спектра действия.

Большинство обрабатываемых предметов в УЗ изготовлено из полимерных материалов. В настоящее время в качестве отделочных материалов используются следующие полимерные материалы: ДСП, МДФ, ДВП, стеклопластики (на основе эпоксидных смол), стеклопластики (на основе полиэфирных смол), резиновые линолеумы, резиновые плиты, коврики. Степень, в которой материал подвергается воздействию дезсредств, зависит от ряда параметров, связанных как со свойствами используемых препаратов, так и с качеством обрабатываемых полимерных материалов. Эффекты химического воздействия увеличиваются с повышением температуры и увеличением продолжительности и кратности соприкосновения.

Известно, что химическое воздействие может привести к частичному растворению материалов, пластификации, химическому реагированию и абсорбированию химикатов. В результате химической реакции может произойти возникновение трещин на поверхности или под поверхностью пластика. Степень нарушения целостности поверхности материала, проявляющаяся в появлении трещин, может быть разных размеров — от достаточно больших, видимых невооруженным глазом, до микроскопических, обнаруживаемых только за счет «выцветания» или потускнения поверхности [3]. Указанные повреждения приводят к нарушению защитного слоя материалов, что способствует диффузии вредных химических веществ в окружающую среду, повышая риск заболеваемости персонала УЗ, а также ухудшая состояние пациентов.

В настоящее время в Республике Беларусь и других странах действуют требования к полимерсодержащим материалам в отношении устойчивости к дезинфектантам. Вместе с тем методы оценки устойчивости полимерных материалов к дезинфектантам в настоящее время отсутствуют [4]. Это не позволяет давать рекомендации о возможности применения этих материалов в УЗ.

**Цель работы** — изучение изменения внешнего вида и структуры поверхности полимерных отделочных материалов, а также уровня выделения мономеров и других токсических веществ в воздушную среду из полимерных отделочных материалов после различных режимов обработки дезинфектантами.

**Материалы и методы.** Образцами для испытаний полимерных отделочных материалов явились образцы размером 70×150 мм. Для испытаний использовали дезинфектанты в максимальных рабочих концентрациях из следующих основных групп: четвертичных аммониевых соединений, хлорсодержащих, третичных аминов, производных гуанидинов, кислородоактивных и комбинированных.

Образцы устойчивых к жидкостям полимерных отделочных материалов (линолеум, полимерные плитки, пластики и др.) помещали в эксикатор или стаканы с дезинфектантом вертикально полностью так, чтобы расстояние между образцами и стенками эксикатора или стакана было не менее 10 мм, и закрывали крышкой. В каждой емкости (эксикаторе или стакане) испытывали образцы только с одинаковым полимерным покрытием.

Условия проведения испытаний: температура 18,0–25,0°C; продолжительность испытаний: 1; 10; 30 сут. После экспозиции образцы извлекали из растворов дезинфектантов, промывали под проточной водой и высушивали фильтровальной бумагой.

На первом этапе изменения декоративных и защитных свойств полимерных материалов определяли сравнением с контрольным образцом невооруженным глазом или с помощью лупы. Оценку различий в цвете проводили по пятибалльной шкале, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1. — Оценка различий в цвете по пятибалльной шкале

Балл	Величина различий
0	Нет различий
1	Очень слабые различия
2	Слабые различия, заметные различия
3	Средние различия, достаточно заметные различия
4	Выраженные различия
5	Сильные различия

При санитарно-химических исследованиях контролю подлежали химические вещества, способные мигрировать из полимерных отделочных материалов в зависимости от их состава согласно действующим ТНПА. Изучение выделения мономеров и других токсических веществ из полимерных материалов после контакта с дезинфектантами проводили по общепринятой методике определения химических веществ в воздухе.

**Результаты и их обсуждение.** При обследовании лечебно-профилактических учреждений г. Минска было установлено, что в качестве отделочных материалов для мебели, пола, перегородок используются следующие полимерные материалы: ламинированные ДСП, МДФ, ДВП, искусственная кожа, стеклопластики, поливинилхлоридные линолеумы и плитки. Это послужило основой для выбора полимерных материалов для дальнейших исследований. Отобраны следующие отделочные материалы:

- ламинированные ДСП, МДФ, ДВП;
- искусственная кожа;
- пластики;
- поливинилхлоридные линолеумы и плитки.

Анализ свойств современных дезинфектантов показал, что для дезинфекции поверхностей в помещениях УЗ пригодны, в первую очередь, средства, относящиеся к группе КПАВ (четвертичные аммониевые соединения, третичные амины, производные гуанидинов), и композиции на их основе. Учитывая кратность обработки палат, лифтов, коридоров, холлов, лестниц и других помещений после пребывания в них посетителей приемлемо применение хлорактивных и кислородоактивных средств при наличии у них мощных свойств. Дезинфектанты из других химических групп по тем или иным причинам для обработки поверхностей в помещениях менее пригодны.

При изучении используемых в лечебно-профилактических учреждениях дезинфектантов установлено, что основными отечественными поставщиками их являются ЗАО «БелАсептика» и ИП «Инкраслав».

Для экспериментальных исследований отобраны следующие дезинфектанты:

- из группы четвертичных аммониевых соединений — Виродез;
- из группы третичных аминов — Аминоцид;
- из группы производных гуанидинов — Беладез;
- из группы кислородоактивных — Оксидез;
- из группы комбинированных — Дуацид.

При визуальной оценке было установлено, что изучаемые полимерные материалы после обработки дезсредствами в течение 10 сут при комнатной температуре не изменяли цвет и структуру поверхности и не влияли на прозрачность и мутность дезсредств по сравнению с контрольными образцами. При экспозиции 30 сут было выявлено изменение цвета у следующих образцов: ламинированные ДСП и ДВП, а также линолеума и искусственной кожи при обработке всеми испытуемыми образцами дезсредств. Ламинированные ДСП и ДВП вызывали помутнение дезинфицирующих растворов «Виродез» и «Беладез», искусственная кожа окрашивала все используемые рабочие растворы дезсредств. Следовательно, можно сделать вывод, что наиболее устойчивыми по критерию устойчивости декоративных свойств являются МДФ (ламинированная) и покрытие из пластика.

Перечень определяемых химических веществ, способных мигрировать из обработанных дезсредствами полимерных материалов, представлен в таблице 2.

Санитарно-химические исследования, включающие изучение количественного состава веществ, мигрирующих в воздух из изучаемых полимерных материалов после обработки дезсредствами в динамике (через 1; 10 и 30 сут), выполнены для установления возможной миграции химических веществ и предупреждения вредного воздействия на человека в процессе длительной эксплуатации изделий из полимерных материалов в учреждениях здравоохранения.

Таблица 2. — Перечень определяемых химических веществ, выделяющихся из обработанных дезсредствами полимерных материалов

Вид полимерного материала	Наименование вещества									
	формальдегид	дибутилфталат	диоктилфталат	метанол	винилацетат	хлористый водород	фенол	аммиак	стирол	метилметакрилат
Линолеум	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–
Искусственная кожа	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–
ДСП	+	+	+	+	-	+	+	+	–	–
ДВП	+	+	+	+	-	+	+	+	–	–
МДФ	+	+	+	+	-	+	+	+	–	–
Пластик	+	+	+	+	–	+	–	-	+	+

Анализ полученных данных показал, что через 1 и 10 сут выделение вредных веществ не обнаружено. После 30-суточной обработки дезсредствами установлены полимерные материалы, общим для которых является выделение в воздушную среду формальдегида, уровень миграции которого превышал значение гигиенического регламента для атмосферного воздуха [4]. Так, в воздушной среде, контактирующей с образцами МДФ (ламинированная), ДВП (ламинированная), ДСП (ламинированная), пластик, обработанных всеми группами дезсредств, выявлена эмиссия формальдегида на уровне от 0,0124 до 0,4221 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее высокие величины выделения формальдегида выявлены при обработке дезсредствами «Аминоцид», «Беладез», «Оксидез».

Также 30-суточная обработка дезсредствами приводила к выделению в воздушную среду метилового спирта из образцов искусственная кожа, ДВП (ламинированная), МДФ (ламинированная), уровень миграции которого превышал значение гигиенического регламента для атмосферного воздуха и составил от 0,630 до 1,955 мг/м<sup>3</sup>.

Необходимо отметить, что в образце МДФ (ламинированная) все исследуемые дезсредства приводили к миграции формальдегида и, за исключением оксидида, к миграции метанола, концентрации которых в воздушной среде превышали гигиенические нормативы. Наименее агрессивными дезсредствами оказались «Оксидез» и «Дуацид».

**Заключение.** В результате работы проведен скрининг используемых в учреждениях здравоохранения полимерных отделочных материалов и дезсредств. Экспериментальные исследования влияния повторных обработок дезсредствами на изменения внешнего вида и структуры поверхности полимерных отделочных материалов, а также на уровни выделения мономеров и других токсических веществ в воздушную среду позволяют унифицировать подход к испытаниям на устойчивость к дезсредствам. Полученные результаты будут использованы для отбора устойчивых полимерных покрытий и менее агрессивных дезсредств для влажной дезинфекции.

#### Литература

1. Акимкин, В.Г. Основные направления дезинфекционных мероприятий в лечебно-профилактических учреждениях / В.Г. Акимкин // Дезинфекц. дело. — 2003. — № 4. — С. 39–43.
2. Современные критерии выбора дезинфицирующих средств для применения в лечебно-профилактических учреждениях / Ю.П. Цуриков [и др.] // Современные проблемы инфекционной патологии человека. — Минск, 1998. — С. 183–184.
3. Грасси, Н. Деструкция и стабилизация полимеров / Н. Грасси, Дж. Скотт; пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 446 с.
4. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утв. решением Комиссии таможенного союза 28.05.2010, № 299. — Гл. II, разд. 6: Требования к полимерным и полимеросодержащим строительным материалам и мебели.

## STABILITY EVALUATION OF POLYMERIC FINISHING MATERIALS TO DISINFECTANTS

*Chaikovskaya I.A., Kolesneva E.V., Kovshova T.V.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The changes of decorative properties and the migration of monomers and other toxic substances in the air environment from polymeric finishing materials after disinfectants treatment have been studied. The results can be used to establish the application possibility of polymeric materials for room decoration, in which the systematic disinfection treatment of various chemical disinfectants is carried out, as well as for the screening of the less aggressive disinfectants.

**Keywords:** polymeric finishing materials, disinfectants, stability, wet treatment, decorative properties, migration of chemical substances.

Поступила 29.07.2016

## САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШЕРСТЯНОЙ ПЫЛИ И ЭКСТРАКТОВ ИЗ НЕЕ, ИХ ТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ОСТРЫХ ОПЫТАХ

*Шевляков В.В.<sup>2</sup>, Михайлова Н.Н.<sup>1</sup>, Эрм Г.И.<sup>1</sup>, Чернышова Е.В.<sup>1</sup>,  
Новицкая Т.В.<sup>1</sup>, Дудчик Н.В.<sup>1</sup>, Емельянова О.А.<sup>1</sup>, Грушевская М.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Минский инновационный университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Особенностью шерстяной пыли является низкое содержание диоксида кремния и минерального остатка, но высокая концентрация белковых субстанций и микробная обсемененность. Разработанным методом из образцов шерстяной пыли получены экстракты с максимальным содержанием растворимых белоксодержащих субстанций, которые классифицированы как малоопасные, не проявляют раздражающих кожу и слизистые оболочки свойств.

**Ключевые слова:** шерстяная пыль, экстракты из нее, физико-химическая характеристика и острая токсичность

**Введение.** В отечественной и зарубежной литературе за последние 40 лет имеются многочисленные данные, касающиеся проблемы гигиены труда и состояния здоровья работников текстильного и швейного производств. Их результаты свидетельствуют, что работники этих многочисленных предприятий подвергаются комбинированному и сочетанному воздействию комплекса вредных производственных факторов, приводятся данные о неблагоприятных, нестабильных и неоднородных показателях микроклимата, интенсивности шума, наличия пылеобразования на основных рабочих местах. Многие исследователи выделяют пылевой фактор в виде органических волокнистых аэрозолей как один из ведущих неблагоприятных производственных факторов.

В системе гигиенической регламентации вредных производственных факторов установление и соблюдение гигиенических нормативов производственных вредностей главным образом отражаются на формировании благоприятных условий труда, на сохранении здоровья и работоспособности работников.

Вместе с тем действующие предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>врз</sub>) органических волокнистых аэрозолей (ОВА) растительного и животного происхождения, в т. ч. шерстяной пыли (на уровне 2–4 мг/м<sup>3</sup>), установленные в прошлом столетии только по критерию фиброгенного вредного действия на организм с учетом содержания свободного диоксида кремния (2–10 и более 10%), не учитывают различную гетероантгенную полисахаридо-белковую составляющую ОВА и ее, возможно, преимущественно вредное аллергенное и иммунотоксическое действие на организм, следовательно, эти ПДК не могут в полной мере обеспечить сохранение здоровья работников (более 50000) многочисленных предприятий аграрной и легкой промышленности, особенно в важнейших и приоритетных для республики подотраслях переработки шерстяного сырья, производства текстильных волокон, материалов и изделий из них. Об этом свидетельствуют следующие данные.

Во-первых, в научной литературе приводятся данные в основном о низком содержании свободного диоксида кремния в шерстяной пыли (в прядильно-ткацких и швейных производствах от 0 до 2%) и отсутствуют сведения о соответствующих пневмофиброзных профзаболеваниях — пневмокониозах у работников, длительно контактирующих с ОВА даже в высоких концентрациях [1].

Во-вторых, шерстяная пыль (ШП) содержит в основном животный белок кератин, который, являясь экзогенным антигеном, при ингаляционном поступлении в организм может вызывать гипериммунный ответ с возможным формированием аллергических и иммунозависимых заболеваний, о чем свидетельствуют многочисленные литературные данные о высокой распространенности симптомокомплексов и заболеваний аллергического и иммунопатологического характера у работников, подвергающихся ингаляционному воздействию ШП [1, 2], которые не признаются как профессиональные и производственно обусловленные.

В-третьих, на основании результатов наших предыдущих экспериментальных исследований некоторые органические аэрозоли растительного, животного и смешанного происхождения (пыль птицеводческого и свиноводческого производства, кормовых белковых добавок, комбикормовая, мучная и крупяная) были нормированы в воздухе рабочей зоны именно с учетом специфического аллергического действия на уровне 0,1–0,2 мг/м<sup>3</sup> по белку с отметкой «аллерген».

Следовательно, экспериментальные исследования по выявлению дозозависимых доминирующих этиопатогенетических механизмов влияния на организм волокнистой органической пыли разного состава с учетом содержания полисахаридо-белковых антигенных комплексов и обоснование критерия их ведущего вредного действия и его лимитирующих показателей, этиологического риска для организма, разработка на этой основе уточненной ПДК<sub>врз</sub> шерстяной пыли, обеспечивающей при внедрении действенность госнадзора, безопасные условия труда и профилактику профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости работников, является актуальным и необходимым.

**Цель работы** — санитарно-химическая и микробиологическая характеристика образцов нативной шерстяной пыли, разработка метода получения из нее экстракта (ЭШП), изучение в острых опытах токсических и раздражающих свойств.

**Материалы и методы.** Использованы методические подходы к изучению биологического действия и регламентированию в воздухе рабочей зоны органических пылей по белку, разработанные и апробированные при нормировании органических пылей животного (птицеводческого и животноводческого производств, кормовых дрожжей и белковых добавок) и смешанного (комбикормовая) происхождения [1]. Это позволило целенаправленно провести исследования ШП, типичные образцы которой отобраны на разных технологических этапах ОАО «Камволь» (г. Минск) из фильтров очистки воздуха общей вытяжной вентиляции. В образцах ШП определяли содержание свободного диоксида кремния, белка и липидов, содержание сухого вещества и зольность (сжигание при  $t = 800^\circ\text{C}$ ), их растворимость в модельных биологических средах общепринятыми и специальными методами [3].

Микробную обсемененность образцов ШП изучали согласно рекомендациям Кочемасовой З.Н. и соавт. [4]. Изучали качественный и количественный состав микрофлоры ШП.

Подбирали и апробировали различные варианты способов гидролиза кератина ШП [5, 6], на основании чего установлены оптимальные условия и разработан метод получения экстрактов из образцов ШП с максимальным выходом растворимых веществ по белку.

В острых экспериментах на лабораторных животных изучены параметры острой токсичности и характер раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз полученных экстрактов. Условия обращения, проведения экспериментов и выведения лабораторных животных из опыта основывались на принципах биоэтики.

Результаты исследования подвергались статистической обработке с использованием пакета статистической программы Statistica 10.

**Результаты и их обсуждение.** Во всех образцах ШП определялось низкое содержание (не более 0,6%) свободного диоксида кремния при общем низком минеральном остатке (при озолении), который составлял от 0,56 до 10,5% (таблица 1). Экстрагируемая спирто-эфирной смесью липидная фракция во всех образцах ШП была весьма низкой — от 0,36 до 0,58%, что обусловлено предварительной отмывкой и обезжириванием шерстяной пряжи на этапах первичной обработки шерсти.

Таблица 1. — Количественная химическая характеристика образцов шерстяной пыли (средние величины)

Образцы шерстяной пыли	Содержание в пыли							Содержание белка в ЭШП, мг/мл
	свободный SiO <sub>2</sub> , %	липиды, %	белок		сухое вещество, %	зольность, %	биологическая растворимость, %	
			мг/г	%				
№ 1	0,60	0,58±0,04	399	39,9	98,1	4,21	2,0±0,08	1,65
№ 2	0,40	0,36±0,01	784	78,4	97,5	5,04	1,88±0,09	2,4
№ 3	0,32	0,45±0,03	707	70,7	96,6	10,5	1,49±0,05	7,2
№ 4	0,32	0,51±0,03	798	79,8	98,0	0,56	1,38±0,03	4,0
№ 5	0,50	0,48±0,02	602	60,2	97,2	9,14	1,53±0,03	5,16

Вместе с этим средняя масса в изученных образцах шерстяной пыли фракции белка достаточно велика и составляет от 399 до 798 мг/г (в среднем 39,9–79,8%). Обращает на себя внимание более низкое содержание растворимого белка в образце пыли № 1 — 399 мг/г и характерное возрастание содержания белковой составляющей в образцах ШП по этапам углубления текстильной переработки шерстяных волокон от прядения до гребнечесания и ткачества (таблица 1). Исходя из среднего содержания в образцах ШП белка — 65,8±4,97% (39,9–79,8%, стандартное отклонение 15,72%), в воздухе рабочей зоны количество белка, соответствующее ПДК<sub>врз</sub> ШП на уровне 4 мг/м<sup>3</sup>, составит 2,632 мг/м<sup>3</sup>.

Биологическая растворимость всех образцов шерстяной пыли в физиологическом растворе оценивается согласно методическим указаниям [3] как слабая.

Полученные по предложенной нами методике ЭШП из образцов пыли содержали концентрации белка от 1,65 мг/мл в образце № 1 до 7,2 мг/мл в образце № 3.

Из полученных результатов вытекают следующие выводы:

- поскольку изученные образцы ШП характеризуются низким содержанием минеральных веществ и свободного диоксида кремния, то ожидать существенного фиброгенного действия этой пыли при поступлении в организм через органы дыхания маловероятно, что подтверждает соответствующие данные Ю.И. Мануйленко [1];

- высокая концентрация в образцах ШП растворимой белковой составляющей кератина (низко- и высокомолекулярные пептиды, аминокислоты и другие), являющейся гетероантигенной для организма, определяет наиболее вероятно при поступлении в организм формирование гипериммунного ответа, направленного на обезвреживание и элиминацию чужеродного антигена с развитием повреждающего действия на собственные ткани, т. е. приводящего к аллергическому процессу в организме;

- образцы шерстяной пыли, полученные на разных этапах текстильной переработки камвольного комбината, мало отличаются по санитарно-химическим показателям.

Натуральные органические вещества, в т. ч. кератин и кератиноподобные белки, являются прекрасными питательными субстратами для размножения микроорганизмов.

Как видно из результатов, представленных в таблице 2, количество аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, выросших на чашках Петри с триптон-соевым агаром, колебалось в диапазоне от  $4,5 \times 10^4$  до  $4,0 \times 10^5$  КОЕ/г. При окрашивании выросших колоний по Граму и их последующем микрокопировании в мазках наблюдались следующие микроорганизмы: грамтрицательные неспорообразующие палочки, грамположительные палочки со спорами, грамположительные кокки, грамтрицательные кокки и клетки эукариот (плесневых грибов).

Наличие бактерий группы кишечной палочки и бактерий рода *Enterobacteriaceae* было выявлено у двух исследованных образцов из пяти. При культивировании всех образцов ШП отмечался умеренный рост красных и розовых колоний микроорганизмов на селективных средах Эндо и Макконки. Однако при окраске по Граму в двух образцах были выявлены грамтрицательные кокки и еще одном образце в мазке — споры, что исключало их принадлежность к бактериям группы ки-

шечной палочки. В оставшихся двух образцах наблюдались грамотрицательные палочки, не образующие спор.

Таблица 2. — Результаты микробиологических исследований образцов шерстяной пыли

Качественно-количественные микробиологические показатели						
Образец ШП	МАФАНМ	БГКП	<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Ps. aeruginosa</i>	плесени	<i>Staphylococcus</i>
№ 1	$8,0 \times 10^4$	—	—	+	$7,5 \times 10^2$	+
№ 2	$2,0 \times 10^5$	+	+	+	$1,5 \times 10^3$	+
№ 3	$4,0 \times 10^5$	+	+	+	$3,0 \times 10^3$	—
№ 4	$4,5 \times 10^4$	—	—	+	$4,0 \times 10^3$	+
№ 5	$6,5 \times 10^4$	—	—	+	$9,0 \times 10^2$	+

Все исследуемые образцы ШП характеризовались наличием бактерий рода *Pseudomonas*. На чашках с цетримидным агаром отмечался обильный рост колоний, а также изменение цвета среды на зеленовато-желтый. Кроме того, характерным признаком наличия микроорганизмов данного рода являлся выраженный запах жасмина, вызванный выделением триметиламина. При окраске по Граму в мазках наблюдались грамотрицательные палочки, не образующие спор. Тест на оксидазную активность во всех исследованных образцах дал положительный результат.

Обильный рост плесневых грибов на чашках Петри с питательной средой Сабуро был также отмечен на все исследуемые образцы. Количество плесеней на 1 г образца находилось в интервале  $7,5 \times 10^2$ – $4,0 \times 10^3$  КОЕ.

У четырех из пяти образцов шерсти наблюдался рост характерных для бактерий рода *Staphylococcus* колоний — мелких, черных, окруженных прозрачной зоной лецитиназной активности. При окраске по Граму и микроскопировании в поле зрения отмечалось наличие грамположительных гроздевидных кокков.

Следовательно, независимо от этапа текстильной переработки шерстяного сырья отобранные образцы ШП характеризуются высокой контаминированностью микрофлорой, особенно аэробными и факультативными анаэробными бактериями и плесенями, что определяет наличие в ВОА гетероантигенов разнообразной микрофлоры.

Высокая стабильность и нерастворимость кератина ШП обусловлена большим числом поперечных дисульфидных связей между его пептидными цепями. Разрыв поперечных дисульфидных связей кератина в результате окисления, восстановления или гидролиза приводит к образованию растворимого продукта, расщепляющегося протеолитическими ферментами (в основном низкомолекулярные пептиды и липопротеины, аминокислоты). Для моделирования и выявления биологического действия ШП необходимо получить из нее экстракт с максимально высоким содержанием растворимых белоксодержащих субстанций. Разработан метод, основанный на первичной деструкции структуры кератинов цементирующего вещества шерсти путем окисления дисульфидных связей аминокислот смесью гидроксида натрия в присутствии окислителя (перекиси водорода), последующем осаждении кератина соляной кислотой, разрушении в осадке межфибриллярных пептидных связей кератина фибрилл повторной обработкой смесью гидроксида натрия и перекиси водорода, выделении белкового преципитата кислотой и его переводом в растворимую форму щелочным раствором. Полученные ЭШП характеризовались достаточно высокой концентрацией растворимых веществ, стандартизованных по белку (таблица 1).

Однократное введение в желудок белых крыс полученных экстрактов из образцов ШП в максимально возможной дозе (по  $3 \text{ см}^3$ ) не приводило к развитию симптомов острого отравления и не вызывало гибели животных на протяжении 2-х недель наблюдения. Это обосновывает отнесение испытанных ЭШП согласно ГОСТ 12.1.007-76 к малоопасным веществам (4-й класс опасности).

При однократном внутрибрюшинном введении белым мышам полученных экстрактов из образцов ШП в максимально возможной дозе по  $1 \text{ см}^3$  также не установлено проявлений интоксикации и гибели животных всех опытных групп, внешний вид, поведение и потребление корма в последующий период 2-недельного наблюдения не отличалось от контрольных животных. Относительная величина  $\text{LD}_{50}$  более 50000 мг/кг позволяет по классификационной шкале внутрибрюшинной токсичности дифференцировать образцы ЭШП как малоопасные в плане острого отравления (4-й класс опасности).

Однократные 4-часовые аппликации нативных ЭШП на выстриженные участки кожных покровов (в дозе по 20 мкл/см<sup>2</sup>) не вызывали клинических симптомов интоксикации и летальности животных в опытных группах. Средний балл выраженности раздражающего эффекта по величине эритематозной реакции и толщины кожной складки равен 0, что характеризует отсутствие раздражающей кожу активности.

Внесение 50 мкл нативных ЭШП в нижний конъюнктивальный свод глаза кроликов не сопровождалось какими-либо негативными проявлениями раздражения слизистой глаз в период наблюдения (отсутствие слезотечения, эритемы, поражения роговицы и эпителия конъюнктивы). Следовательно, ЭШП не проявляют ирритативного действия.

**Заключение.** На основании экспериментальных исследований вытекают следующие выводы.

1. Отобранные на разных технологических этапах текстильной переработки шерстяных волокон образцы шерстяной пыли характеризуются низким содержанием свободного диоксида кремния (от 0 до 0,06%), минеральных веществ (0,56–10,5%) и липидов (0,36–0,58%), слабой растворимостью в физиологическом растворе (менее 2%), достаточно высокой удельной массой белка (39,9–79,8%).

2. Независимо от этапа текстильной переработки шерстяного сырья отобранные образцы шерстяной пыли характеризуются высокой обсемененностью микрофлорой, особенно аэробными и факультативными анаэробными бактериями (от  $4,5 \times 10^4$  до  $4,0 \times 10^5$  КОЕ/г) и плесневыми грибами (до  $4,0 \times 10^3$  КОЕ/г).

3. При испытании различных способов гидролиза кератина шерстяной пыли подобрана оптимальная технология получения экстрактов из образцов шерстяной пыли, содержащих максимально возможное количество растворимого белка (от 1,65 до 7,2 мг/мл белка), пригодных для моделирования и выявления биологического действия шерстяной волокнистой пыли на организм.

4. По параметрам острой внутрижелудочной (отсутствие летальных эффектов у белых крыс на максимально возможные дозы) и внутрибрюшинной токсичности (для белых мышей  $LD_{50} > 50000$  мг/кг) экстракты из образцов шерстяной пыли относятся к малоопасным веществам (IV класс), не обладают раздражающим кожу и слизистые оболочки действием.

#### Литература

1. Мануйленко, Ю.И. Производственная шерстяная пыль как гигиеническая проблема: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.07 / Ю.И. Мануйленко; Киев. НИИ гиг. труда и профзаб. АН УССР и МЗ УССР. — Киев, 1991. — 29 с.
2. Семенов, И.П. Гигиенические особенности условий труда и состояние здоровья рабочих камвольного производства: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / И.П. Семенов; МГМИ. — Минск, 2000. — 19 с.
3. Требования к постановке токсиколого-аллергологических исследований при гигиеническом нормировании белоксодержащих аэрозолей в воздухе рабочей зоны: метод. указания № 11-11-10-2002 // Сб. офиц. док. по медицине труда и производственной санитарии. — Минск, 2004. — Ч. XIV. — С. 4–49.
4. Санитарная микробиология и вирусология / З.Н. Кочемасова [и др.]. — М.: Медицина, 1987. — С. 137–140.
5. Получение и характеристика пищевого кератинового гидролизата / Л.В. Антипова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 7. — С. 63–66.
6. Бабич, О.О. Переработка вторичного кератинсодержащего сырья и получение белковых гидролизатов на пищевые и кормовые цели / О.О. Бабич, И.С. Разумникова, Н.Ю. Полетаев // Техника и технология пищевых производств. — 2011. — № 2 (21). — С. 11–17.

### SANITARY-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WOOL DUST AND EXTRACTS FROM THEM, THEIR TOXIC PROPERTIES IN ACUTE EXPERIMENTS

*Shevlaykov V.V.<sup>2</sup>, Mikhailova N.N.<sup>1</sup>, Erm G.I.<sup>1</sup>, Chernyshova E.V.<sup>1</sup>,*

*Novickaya T.V.<sup>1</sup>, Dudchik N.V.<sup>1</sup>, Emeliyanova O.A.<sup>1</sup>, Grushevskaya M.A.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;*

*<sup>2</sup>Educational Establishment “Minsk Innovation University”, Minsk, Republic of Belarus*

A low content of silicon dioxide and mineral balance together with a high concentration of protein substances and microbial semination are features of wool dust. The extracts with the highest content of soluble protein-containing substances, which are classified as a low-dangerous, don't irritate skin and mucous membranes and have been obtained from samples of wool dust by the developed method.

**Keywords:** wool dust, extracts from it, physical and chemical characteristic and acute toxicity.

Поступила 19.07.2016

### ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «СТИМУЛ» ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА БЕЛЫХ КРЫС

*Шевляков В.В.<sup>2</sup>, Филонюк В.А.<sup>1</sup>, Эрм Г.И., Чернышова Е.В.<sup>1</sup>, Студеничник Т.С.<sup>1</sup>, Ушков А.А.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;*

*<sup>2</sup>Учреждение образования «Минский инновационный университет», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** На экспериментальной модели субхронического ингаляционного воздействия на белых крыс установлены особенности характера и выраженности иммунотоксического действия микробного препарата «Стимул» в зависимости от ингалируемой концентрации.

**Ключевые слова:** микробный препарат «Стимул», иммунотоксические эффекты при ингаляционном воздействии на белых крыс.

**Введение.** Комплексное токсиколого-гигиеническое исследование биологических свойств новых штаммов микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов актуально и необходимо, поскольку является основой их гигиенической регламентации и нормирования в воздухе рабочей зоны, обеспечивает с одной стороны их практическое производство и использование, а с другой, действенность госнадзора за объектами биотехнологического производства, безопасные условия труда и профилактики профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости работников.

В научно-исследовательской лаборатории молекулярной генетики бактерий биологического факультета Белорусского государственного университета разработан микробный препарат «Стимул» (МПС) на основе штамма бактерий *Pseudomonas fluorescens* S 32 (*Ps.f.*), предназначенный для биологического стимулирования роста и развития сельскохозяйственных культур.

На 1-м этапе экспериментальных исследований установлено, что штамм бактерий *Ps.f.* и МПС на их основе в стандартных дозах и концентрациях при разных путях поступления в организм лабораторных животных не проявляют существенных патогенных, токсигенных и токсических свойств, отнесены к 4-му классу опасности. МПС не проявляет раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки глаз, обладает умеренно выраженной сенсибилизирующей способностью (3-й класс аллергенной активности) [1].

**Цель работы** — выявление в экспериментах дозозависимых ведущих механизмов и критериев вредного действия МПС в модельных ингаляционных опытах.

**Материалы и методы.** Экспериментальные исследования выполнялись с учетом действующих [2] и оригинальных методических подходов [3] на рандомизированных по полу и массе белых крысах при ингаляционном воздействии МПС на организм в последовательно снижающихся концентрациях на модели интраназального введения в течение 1 мес. Условия обращения, проведения экспериментов и выведения лабораторных животных из опыта основывались на принципах биоэтики. Результаты исследования подвергались статистической обработке с использованием пакета прикладных статистических программ Statistica 10.

**Результаты и их обсуждение.** Иммунотоксическое действие микробных препаратов может проявляться аллергизацией, морфофункциональными нарушениями в иммунокомпетентных клетках, неспецифической иммуномодуляцией организма, поэтому в субхроническом ингаляционном эксперименте после месячного воздействия МПС в снижающихся концентрациях изучены возможные иммунотоксические эффекты.

В ингаляционном эксперименте после месячного воздействия МПС в максимальной концентрации на уровне  $3,5 \times 10^9$  микробных клеток/м<sup>3</sup> (м.кл./м<sup>3</sup>) у белых крыс 1-й опытной группы (1 оп. гр.) установлены следующие особенности формирования иммунотоксических эффектов (таблица 1).

Таблица 1. — Иммуноаллергологические показатели у белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПС в максимальной концентрации на уровне  $3,5 \times 10^9$  м.кл./м<sup>3</sup>

Изучаемые морфофункциональные показатели	Единицы измерения	Группы сравнения (M±m)	
		контрольная, n = 11	1-я опытная, n = 11
Внутрикожный тест опухания лапы (ВТОЛ): - активная кожная анафилаксия (АКА) (через 1 ч)	10 <sup>-2</sup> мм	не установлено	не установлено
- гиперчувствительность замедленного типа (ГЗТ) (через 24 ч)	10 <sup>-2</sup> мм	23,4±3,73	31,6±4,21 <sup>0</sup>
	Н	8/11	11/11
	Балл	1,73±0,42	2,82±0,46 <sup>0</sup>
Реакция специфического лейколизиса (РСЛЛ)	%	48,1±5,42	58,4±5,52
РСНСТ: - % возрастание к контролю - индекс стимуляции	% усл. ед.	18,8±2,53 0,99±0,02	29,3±3,76* 1,11±0,03**
Реакция дегрануляции тучных клеток (РДТК)	%	0,15±0,08	0,17±0,09
Абсолютное количество базофилов	в мм <sup>3</sup>	3,01±0,39	3,56±0,42
Активность комплемента сыворотки крови	усл. ед.	54,3±5,20	62,2±3,82
ЦИК в сыворотке крови	усл. ед.	66,1±1,30	68,6±1,35
Тест восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тест): - спонтанный: возрастание к контролю - Zn-стимулир.: возрастание к контролю индекс стимуляции	% % усл. ед.	20,6±2,64 178,3±39,8 2,33±0,34	17,1±3,30 222,0±32,1 2,76±0,29 <sup>0</sup>
Величина фагоцитарного резерва	%	160,5±40,3	204,8±31,9 <sup>0</sup>
Лизоцим сыворотки крови	%	79,5±3,56	99,7±5,39**
БАСК	%	87,4±3,14	94,1±,31 <sup>0</sup>
Эритроциты	10 <sup>12</sup> /л	7,22±0,12	7,33±0,13
Средний объем эритроцитов	усл. ед.	81,4±0,84	86,9±1,26**
Гемоглобин	г/л	118,8±2,10	120,0±2,40
Среднее содержание Hb в эритроцитах	г/л	202,0±2,25	189,5±1,10***
Среднеклеточный Hb	мкг/кл	16,4±0,16	16,4±0,29
Гематокрит	усл. ед.	58,8±0,88	63,6±1,05**
Тромбоциты	10 <sup>9</sup> /л	487,0±24,5	536,0±46,2
Средний объем тромбоцитов	усл. ед.	9,22±0,13	9,54±0,12
Лейкоциты	10 <sup>9</sup> /л	17,6±1,48	20,4±1,70
Лейкоформула:			
- сегментоядерные нейтрофилы	%	26,0±2,73	32,8±2,75 <sup>0</sup>
	10 <sup>9</sup> /л	4,64±0,71	6,86±1,07
- палочкоядерные нейтрофилы	%	4,20±0,60	4,40±0,50
	10 <sup>9</sup> /л	0,74±0,11	0,79±0,07
- лимфоциты	%	54,7±2,60	55,0±2,12
	10 <sup>9</sup> /л	9,55±0,74	11,2±0,90
- эозинофилы	%	4,10±0,85	3,00±0,71
	10 <sup>9</sup> /л	0,78±0,19	0,55±0,12
- моноциты	%	11,1±1,27	5,60±0,91**
	10 <sup>9</sup> /л	1,95±0,29	0,97±0,18*
Т-лимфоциты	%	16,8±1,59	15,8±1,89
	10 <sup>9</sup> /л	1,76±0,28	1,71±0,21
Примечания: 1 — * — достоверные различия с контролем при P<0,05. 2 — ** — достоверные различия с контролем при P<0,01. 3 — *** — достоверные различия с контролем при P<0,001. 4 — <sup>0</sup> — достоверные различия с контролем при P<0,1. 5 — Н — числитель — количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель — всего в опыте.			

Введение провокационной дозы препарата в апоневроз подушечек задних лап животных сопровождалось формированием уже через 1 ч неспецифической сильной отечной реакции как у опытных, так и контрольных крыс, что не позволило провести достоверные измерения толщины лап и оценить степень выраженности развития в организме крыс опытной группы активной кожной анафилаксии (АКА).

Реагиновые антитела в сыворотке крови животных 1 оп. гр. по реакции дегрануляции тучных клеток (РДТК) выявлялись в довольно низком титре со средним уровнем, незначительно превышающим контрольный ( $P > 0,05$ ), аналогично и абсолютное количество в крови базофилов незначительно превышало контрольный уровень, что свидетельствует об отсутствии развития у животных значимого аллергического процесса немедленного анафилактического типа в ответ на ингаляционное воздействие МПС в высокой концентрации.

О развитии слабой ГЗТ у животных 1 оп. гр. после месячного воздействия препарата свидетельствуют более высокие уровни абсолютного (на 35%,  $P < 0,1$ ) и относительного показателей внутрикожного теста опухания лапы (ВТОЛ), который возрастал через 24 ч после внутрикожной провокационной пробы на 63% по сравнению с контролем ( $P < 0,1$ ).

Подтверждением формирования у животных 1 оп. гр. сенсибилизации по механизмам смешанного типа аллергического процесса является значительное возрастание специфической реакции НСТ-теста гранулоцитов (РСНСТ): количество образующегося формазана в клетках в результате восстановления НСТ-красителя кислородными метаболитами при стимуляции гранулоцитов препаратом увеличилось по сравнению с контрольными пробами в среднем на 55,8% ( $P < 0,05$ ), а по сравнению со спонтанным уровнем НСТ-теста на 12,1% ( $P < 0,01$ ). Это свидетельствует о значимой специфической активации в гранулоцитарно-макрофагальных клетках крови кислородного метаболизма и о специфическом гипериммунном ответе гранулоцитов крови.

У белых крыс 1 оп. гр. уровень ЦИК в сыворотке крови незначительно превышал контрольный, отмечалось и незначительное повышение уровня реакции специфического лейколизиса (РСЛЛ) и комплементарной активности сыворотки крови ( $P > 0,05$ ), что свидетельствует о весьма слабой активации механизмов алергизации организма по комплементзависимому цитотоксическому и иммунокомплексному типам реакции.

Определение антигенности препарата осуществляли по оценке его влияния на фагоцитарную функциональную активность гранулоцитов крови по тесту восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тесту). Установлено, что ингаляционное воздействие препарата вызывало у животных незначительное снижение спонтанного уровня генерации фагоцитами супероксидных радикалов по сравнению с контролем ( $P > 0,05$ ). Но, при стимуляции гранулоцитов известным активатором НСТ-теста опсонизированным зимозаном определялась тенденция к повышению в клетках уровня кислородного метаболизма (на 18,4%,  $P < 0,1$ ) с одновременной тенденцией возрастания в 1,3 раза по отношению к контрольной группе и величины фагоцитарного резерва фагоцитов ( $P < 0,1$ ), возможно как функциональная компенсация значительного снижения в крови количества моноцитов.

Активность комплемента в сыворотке крови белых крыс в опыте существенно не отличалась от контроля. Содержание лизоцима в сыворотке крови животных опытной группы было значимо повышено по сравнению с контролем на 25,4% ( $P < 0,01$ ) с тенденцией к повышению и интегрального показателя антимикробной резистентности крови БАСК. Со стороны относительных и абсолютных показателей содержания в крови Т-лимфоцитов существенных сдвигов у крыс опытной группы в сравнении с контрольными животными не установлено.

Качественно-количественные показатели красного кроветворения у животных 1 оп. гр. характеризовались существенным снижением среднего содержания гемоглобина в эритроцитах вследствие увеличения среднего объема эритроцитов, что отразилось на значимом увеличении показателя гематокрита без изменения по отношению с контролем других показателей. У опытных животных в периферической крови определялось несколько повышенное содержание количества лейкоцитов, что отразилось на соответствующем возрастании относительного содержания в крови с/я нейтрофилов, при значимом, почти 2-кратном по отношению к контролю, снижении количества моноцитов.

Следовательно, длительное ингаляционное воздействие МПС на организм животных в высокой концентрации вызывало развитие слабого аллергического процесса преимущественно по гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ), сопровождалось тенденцией к активации фагоцитарного звена иммунитета, стимулирующей неспецифической иммуномодуляцией, гематотоксическими проявлениями, особенно со стороны «красной» крови.

На ингаляционное воздействие МПС в концентрации на уровне  $1,0 \times 10^7$  м.кл./м<sup>3</sup> у 7 из 10 животных 2 опытной группы (2 оп. гр.) выявлялась положительная реакция немедленного анафилактического типа, однако средние уровни абсолютного и относительного показателей АКА не имели достоверных различий с контролем (таблица 2). Причем отмечались и низкие уровни специфической дегрануляции тучных клеток при их стимуляции препаратом, что свидетельствует об отсутствии существенной индукции у животных 2 опытной группы (2 оп. гр.) аллергической реакции немедленного типа.

В то же время определено, что у большинства опытных белых крыс сформирован аллергический процесс клеточно-опосредованного типа, поскольку средние уровни абсолютного и относительного показателей ГЗТ по ВТОЛ достоверно превышали таковые в контрольной группе соответственно на 116,6 и 266,7% и имели достоверные различия по критерию Стьюдента ( $P < 0,05$ ), при отсутствии значимости различий по критерию «Х» (3,44). При этом индекс специфической стимуляции кислородного метаболизма в гранулоцитарно-макрофагальных клетках крови препаратом существенно превышал таковой у контрольных животных ( $P < 0,01$ ), что свидетельствует о специфической активации кислородзависимых механизмов в фагоцитах крови и развитии в организме гипериммунного ответа со смешанными механизмами аллергического процесса. Действительно, у животных 2 оп. гр. установлено значительное возрастание РСЛЛ (в 7,3 раза по отношению к контролю,  $P < 0,01$ ) при снижении уровня комплементарной активности сыворотки крови, а также значимое нарастание содержания в сыворотке крови ЦИК (на 18,3%,  $P < 0,05$ ), что подтверждает развитие в организме животных механизмов аллергических реакций комплементзависимого цитотоксического и иммунокомплексного типов.

Таблица 2. – Аллергологические, биохимические и иммуно-гематологические показатели у белых крыс после месячного ингаляционного воздействия МПС в снижающихся концентрациях

Изучаемые морфофункциональные показатели, единицы измерения	Группы сравнения (M±m)		
	контрольная группа, n = 10	2-я опытная группа 1,0×10 <sup>7</sup> м.кл./м <sup>3</sup> , n = 10	3-я опытная группа 1,0×10 <sup>5</sup> м.кл./м <sup>3</sup> , n = 10
ВТОЛ:			
- АКА:			
10 <sup>-2</sup> мм	12,8±2,62	20,5±5,13	13,8±2,79
Н	6/10	7/10	7/10
Балл	0,90±0,28	1,60±0,45	0,90±0,28
- ГЗГ:			
10 <sup>-2</sup> мм	7,20±1,66	15,6±3,37*	10,3±1,03
Н	3/10	7/10	6/10
Балл	0,30±0,15	1,10±0,35*	0,60±0,16
РСЛЛ, %	2,68±1,18	19,7±5,07**	11,0±4,41 <sup>0</sup>
РДТК, усл. ед.	0,20±0,10	0,16±0,07	0,22±0,09
ЦИК в сыворотке крови, усл. ед.	71,5±4,01	84,6±2,74*	76,8±3,02
РСНСТ: %	14,2±2,62	10,4±1,83	8,41±1,750
- индекс стимуляции, усл. ед.	0,96±0,02	1,03±0,01**	0,98±0,01
Комплементарная активность сыворотки крови, усл. ед.	55,9±16,2	31,4±7,47	56,1±12,4
Лизоцим в сыворотке крови, %	46,4±1,21	43,4±0,70*	46,7±0,77
БАСК, %	96,5±1,33	94,6±1,24	95,4±1,34
<b>НСТ-тест гранулоцитов</b>			
Спонтанный: - возр. к контр. пр., %	19,5±2,08	6,79±1,24***	19,1±1,90
Зн-стимулиров.: - возр. к контр. пр., %	35,5±2,54	13,6±1,63***	42,2±3,79
- индекс стимуляции, усл. ед.	1,14±0,02	1,06±0,01**	1,29±0,04**
Величина фагоцитарного резерва, %	16,0±2,15	6,81±1,43**	32,1±4,67**
<b>Биохимические показатели крови</b>			
Флуоресценция битирозина, усл. ед.	0,20±0,01	0,18±0,008 <sup>0</sup>	0,19±0,007
Флуоресц. триптофанилов белков, усл. ед.	20,7±0,29	16,8±0,57***	19,3±0,43*
Супероксиддисмутаза (СОД), мкг/мл	45,2±2,94	43,8±3,97	39,6±4,31
Глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназа (ГФДГ), мкМ НАДФН/мин г Нв	78,1±2,37	88,3±2,72*	78,4±2,08
Глутатионпероксидаза, мкМ/мин г Нв	249,8±10,4	288,3±21,3	246,2±13,1
Глутатион восстановленный, мкМ/г Нв	18,6±1,03	21,6±0,77*	20,2±0,76
SH-группы, меМ/г Нв	131,6±7,29	153,2±5,43*	143,5±6,02
<b>Гемограмма</b>			
Эритроциты (ЭР), 10 <sup>12</sup> /л	5,52±0,19	5,80±0,25	5,65±0,13
Средний объем ЭР, усл. ед.	55,2±0,53	53,3±0,42*	53,9±0,43 <sup>0</sup>
Коэффициент вариации ЭР, усл. ед.	0,13±0,002	0,13±0,002	0,13±0,003
Стандартное отклонение ЭР, усл. ед.	29,1±0,49	28,3±0,36	29,2±0,49
Гемоглобин (Нв), г/л	109,8±3,84	112,2±4,67	111,5±2,46
Среднеклеточный Нв, мкг/кл	19,9±0,29	19,4±0,21	19,7±0,22
Среднее содержание Нв в ЭР, г/кл	360,2±3,31	363,2±2,70	366,4±2,53
Гематокрит, усл. ед.	30,5±1,10	30,9±1,30	30,4±0,70
Тромбоциты (ТР), 10 <sup>9</sup> /л	582,9±57,9	590,7±70,2	576,9±51,4
Средний объем ТР, усл. ед.	6,23±0,09	6,37±0,31	6,04±0,10
Коэфф. вариации тромбоцитов, усл. ед.	15,2±0,08	15,3±0,18	15,2±0,06
Тромбоцитарная масса, усл. ед.	3,61±0,34	3,42±0,43	3,38±0,31
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	7,96±1,03	8,71±1,83	7,08±0,90
<b>Лейкограмма:</b>			
- нейтрофилы, %	14,7±1,40	16,2±1,10	16,6±1,40
10 <sup>9</sup> /л	1,21±0,24	1,37±0,27	1,22±0,25

## Окончание таблицы 2

Исследуемые морфофункциональные показатели, единицы измерения	Группы сравнения (M±m)		
	контрольная группа, n = 10	2-я опытная группа 1,0×10 <sup>7</sup> м.кл./м <sup>3</sup> , n = 10	3-я опытная группа 1,0×10 <sup>5</sup> м.кл./м <sup>3</sup> , n = 10
- эозинофилы, % 10 <sup>9</sup> /л	5,90±0,50 0,49±0,10	5,00±0,50 0,42±0,09	6,30±0,60 0,43±0,06
- лимфоциты, % 10 <sup>9</sup> /л	72,6±2,00 5,71±0,68	72,3±0,90 6,41±1,40	69,3±3,10 4,82±0,59
- моноциты, % 10 <sup>9</sup> /л	6,10±0,90 0,49±0,11	6,30±0,80 0,47±0,08	7,70±1,70 0,61±0,23
T-лимфоциты, % 10 <sup>9</sup> /л	24,3±2,19 1,35±0,20	16,5±1,48** 0,76±0,13*	20,9±1,32 1,42±0,36
Примечания: 1 — * — достоверные различия с контролем при P<0,05. 2 — ** — достоверные различия с контролем при P<0,01. 3 — *** — достоверные различия с контролем при P<0,001. 4 — <sup>0</sup> — достоверные различия с контролем при P<0,1. 5 — N — числитель — количество животных с положительными (сверхнормативными) результатами, знаменатель — всего в опыте.			

Со стороны иммунологических реакций у животных 2 оп. гр. обращает внимание угнетение функций фагоцитарно-клеточного звена иммунитета на фоне существенного снижения в сыворотке крови активности лизоцима и мало изменяемых по отношению к контролю других показателей гуморальной иммунологической резистентности (комплемента, интегрального показателя бактерицидной активности сыворотки крови). Так, избыточная антигенная нагрузка животных 2 оп. гр. МПС вызывала существенное угнетение качественно-количественных показателей фагоцитарного звена иммунитета, что проявлялось глубоким угнетением у них как спонтанного (на 65,2% по сравнению с контролем, P<0,001), так и зимоанстимулированного уровня кислородного метаболизма (на 61,7%, P<0,001) и в целом величины фагоцитарного резерва (снижение в 2,35 раза по отношению к контролю, P<0,01). При этом отмечался у животных 2-й опытной группы и глубокий дефицит содержания в периферической крови удельного веса и количества Т-лимфоцитов (P<0,01).

Ингаляционное поступление в организм белых крыс 2-й оп. гр. чужеродных антигенов сопровождалось нарушением со стороны системы перекисного окисления липидов и белков. Установлено достоверное возрастание в сыворотке и гемоллизате крови активности ферментов ГФДГ (на 13,1%), глутатионпероксидазы (на 15,4%) глутатиона восстановленного (на 16,1%), а также в целом SH-групп (на 16,4%) по сравнению с контролем, P<0,05) на фоне некоторого снижения активности фермента СОД, что характерно для активации системы перекисного окисления липидов и угнетения системы антиоксидантной защиты. Одновременно отмечено значительное снижение в сыворотке крови опытных животных уровня флуоресценции триптофанилов белков (на 18,3%, P<0,05) и статистическая тенденция к снижению уровня флуоресценции битиролина, что свидетельствует о конформационных изменениях в структуре мембранных белков вследствие активации процессов перекисного окисления белков с нарушением устойчивости клеточных мембран.

Со стороны качественно-количественных показателей периферической крови животных 2 оп. гр. не установлено существенных по сравнению с контролем сдвигов (за исключением снижения среднего объема эритроцитов), что характеризует отсутствие гематотоксического действия МПС в данной испытанной концентрации.

В то же время у животных 3-й опытной группы (3 оп. гр.) на ингаляционное воздействие МПС в концентрации на уровне 1,0×10<sup>5</sup> м.кл./м<sup>3</sup>, в отличие от животных 2 оп. гр., не установлены значимые различия с контролем изученных аллергологических, иммунологических, биохимических и гематологических показателей, за исключением, наоборот, чрезмерной активации кислородзависимых механизмов фагоцитоза при стимуляции гранулоцитов крови опсонизированным зимоаном, что проявлялось возрастанием индекса стимуляции кислородного метаболизма на 13,2% по сравнению с контролем (P<0,01), что отразилось и на двукратном возрастании величины фагоцитарного резерва гранулоцитарно-макрофагальных клеток крови (P<0,01). Кроме того, у животных 3 оп. гр. выявлено достоверное по отношению к контролю снижение интенсивности флуоресценции триптофанилов белков сыворотки крови, без значимых сдвигов всех других изученных показателей ПОЛ, ПОБ и АОС.

На ингалируемую концентрацию МПС на уровне 1×10<sup>5</sup> м.кл./м<sup>3</sup> у животных, наоборот, определено только достоверное по сравнению с контролем возрастание кислородзависимой функции фагоцитов крови и показателя нарушения конформационной структуры белков (триптофанилов) без существенных сдвигов всех других изученных морфофункциональных показателей организма.

Следовательно, иммуноксическое действие МПС при ингаляционном поступлении в организм белых крыс в основном характеризуется умеренной индукцией аллергического процесса, нарушением кислородзависимых механизмов фагоцитарной функции гранулоцитов крови, количественными сдвигами иммунокомпетентных клеток (Т-лимфоцитов, моноцитов) и показателей неспецифической гуморальной защиты на фоне активации показателей перекисного окисления липидов и белков, выраженность которых зависела от ингалируемой концентрации препарата. Причем концентрация МПС на уровне 1,0×10<sup>5</sup> м.кл./м<sup>3</sup> является пороговой по лимитирующему показателю нарушения функции фагоцитарно-клеточного звена иммунитета, что послужило основанием для обоснования ПДК препарата в воздухе рабочей зоны.

**Заключение.** На основании выполненных экспериментальных исследований вытекают следующие выводы.

1. Микробный препарат «Стимул» при субхроническом ингаляционном воздействии на белых крыс в испытанных высоких концентрациях (на уровне 10<sup>7-9</sup> м.кл./м<sup>3</sup>) вызывал умеренно выраженную алергизацию их организма с активацией

преимущественно механизмов аллергических реакций клеточноопосредованного, комплементзависимого цитотоксического и иммунокомплексного типов.

2. Наиболее характерным проявлением иммунотоксического действия препарата при ингаляционном поступлении в организм белых крыс являются разнонаправленные в зависимости от концентрации нарушения бактерицидной функции фагоцитарных гранулоцитарно-макрофагальных клеток крови, сочетающиеся с активацией показателей перекисного окисления липидов и белков.

#### Литература

1. Студеничник, Т.С. Особенности биологического действия нового микробного препарата «Стимул» / Т.С. Студеничник, В.А. Филонюк, В.В. Шевляков // Актуальные проблемы гигиены: мат. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию каф. гиг. детей и подростков БГМУ / Под ред. Т.С. Борисовой. — Минск: БГМУ, 2012. — С. 95–97.

2. Экспериментальное обоснование ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах производственной и окружающей среды: метод. указания № 5789/1-91 / О.Г. Алексеева [и др.]; М-во здравоохран. СССР. — М.: Инф.-изд. Центр Госкомсанэпиднадзора России, 1993. — 20 с.

3. Шевляков, В.В. О методологии гигиенического регламентирования микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов в воздухе рабочей зоны / В.В. Шевляков [и др.] // Мед. журн. — 2014. — № 2. — С. 40–52.

### THE IMMUNOTOXIC EFFECTS OF INHALATION EXPOSURE TO THE MICROBIAL PREPARATION "STIMUL" ON WHITE RATS

*Shevlaykov V.V.<sup>2</sup>, Filonyuk V.A.<sup>1</sup>, Erm G.I.<sup>1</sup>, Chernyshova E.V.<sup>1</sup>, Studenichnik T.S.<sup>1</sup>, Ushkov A.A.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;*

*<sup>2</sup>Educational Establishment "Minsk Innovation University", Minsk, Republic of Belarus*

The characteristics of nature and intensity of the immunotoxic action of the microbial drug "Stimul" have been determined in the experimental model of subchronic inhalation influence on white rats depending on inhalable concentration.

**Keywords:** microbial preparation "Stimul", immunotoxic effects of inhalation exposure on white rats.

Поступила 19.07.2016

**СПОСОБ ЭКСТРАКЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ  
ИЗ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ**

*Белышева Л.Л.<sup>1</sup>, Шуляковская О.В.<sup>1</sup>, Федорова Т.А.<sup>1</sup>, Богуцкая Е.В.<sup>1</sup>, Башун Т.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Разработан способ экстракции синтетических красителей (желтый хинолиновый, желтый солнечный закат, понсо 4R, красный 2G и красный очаровательный AC) из пищевых продуктов для детского питания. В зерновых продуктах экстракцию необходимо проводить водно-спиртовой смесью с добавлением аммиака. Из молочных продуктов синтетические красители максимально экстрагируются этиловым спиртом. Однако необходимо учитывать поправочный коэффициент при количественном расчете содержания синтетических красителей.

**Ключевые слова:** синтетические красители, экстракция, высокоэффективная жидкостная хроматография, детское питание.

**Введение.** В настоящее время технологии производства пищевых продуктов неразрывно связаны с широким применением пищевых добавок, которые придают им заданные потребительские свойства. К таким пищевым добавкам относятся синтетические красители (СК), влияющие непосредственно на цвет продукции. СК являются стойкими соединениями, что позволяет производителям пищевой продукции использовать их в различных технологических процессах (нагревание, пастеризация, заморозка и др.). Известно, что среди СК практически нет безвредных веществ: это азо-, нитро-, дифенилметановые соединения, хиноны, хинолины, ксантены, пиразолы и др. Поэтому к СК, применяемым в производстве пищевых продуктов, предъявляются специальные требования и, в первую очередь, безвредность в применяемых дозах, в т. ч. отсутствие канцерогенности, тератогенности, мутагенности [1, 2]. В пищевых продуктах, предназначенных для детского питания, содержание СК не допускается.

Существующие методики определения СК позволяют проводить контроль их содержания в алкогольных и безалкогольных напитках, карамели, пряностях [3–7]. Эти методики не распространяются на пищевые продукты, предназначенные для питания детей различных возрастов, поэтому разработка метода, позволяющего определять количественное содержание СК в пищевых продуктах со сложной пищевой матрицей, к которым относится детское питание (многокомпонентные пюре, молочно-зерновые смеси и т. п.), является актуальной. Известно, что наиболее распространенным является метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Лимитирующей стадией анализа данного метода является пробоподготовка, различающаяся способами экстракции в зависимости от состава пищевой матрицы.

**Цель работы** — разработка способа экстракции СК из пищевых продуктов для детского питания.

**Материалы и методы.** Объектами исследования являлись образцы каши сухой безмолочной из пяти злаков быстрорастворимой для питания детей раннего возраста, обогащенной витаминами и минералами и молочный коктейль ультрапастеризованный для питания детей дошкольного и школьного возраста «Карамельная ириска», а также водные растворы СК (E104 желтый хинолиновый, E110 желтый солнечный закат, E124 понсо 4R, E 128 красный 2G, E 129 красный очаровательный AC), приготовленные из чистых веществ с содержанием основного вещества более 90%.

Эффективность экстракции оценивалась по величине степени извлечения внесенного количества СК в пробу. При степени извлечения 85% и более результат признавался положительным. При более низких значениях степени извлечения делался вывод о необходимости внесения поправочного коэффициента в формулу для расчета. Внесение осуществлялось с помощью водных растворов СК из расчета 5 мг/кг продукта.

При изучении степени извлечения СК из каши сухой безмолочной из пяти злаков исследовались следующие экстрагирующие растворы:

- вода дистиллированная (t = 25°C);
- вода дистиллированная (t = 80°C);
- спирт этиловый (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH);
- водный раствор NaCl (2%);
- водный раствор NaCl (5%);
- водный раствор NaCl (5%) (t = 80°C);
- водный раствор NaCl (10%);
- водный раствор (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (5%);
- водно-спиртовая смесь с аммиаком: H<sub>2</sub>O:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH:NH<sub>2</sub> (5:5:0,01).

При изучении экстракции СК из молочных продуктов основной проблемой являлось осаждение белков и жиров пробы таким образом, чтобы СК перешли в растворимую фазу, поэтому для экстракции СК из молочного коктейля для питания детей дошкольного и школьного возраста выбраны следующие экстрагенты:

- ацетонитрил (ACN);
- спирт этиловый (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH);
- водные растворы Карреза I и II;
- водный раствор трихлоруксусной кислоты с концентрацией 5% (ТХУ 5%).

Количественное определение проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1200 с диодно-матричным детектором при длинах волн 450 и 500 нм. Разделение осуществлялось на хроматографической колонке Zorbax Eclipse XDB-C18 размером 4,6×150×5 мкм, в качестве подвижной фазы использовалось сочетание буферного раствора (А) с ацетонитрилом (В) при градиентном элюировании от 1 мин А — 85% до 15 мин А — 10%. Буферный раствор (А) готовили следующим образом: 1,3±0,001 г дигидрофосфата натрия и 1,0±0,001 г гексадецил-3-метиламмонийбромида растворяли в мерной колбе вместимостью 1000 см<sup>3</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 1 представлены результаты исследований, полученные при изучении степени извлечения СК из каши сухой безмолочной из пяти знаков различными экстрагирующими растворами.

Таблица 1. — Степень извлечения СК из каши сухой безмолочной из пяти знаков различными экстрагентами

Наименование экстрагента	Степень извлечения, %				
	Е104 желтый хинолиновый	Е110 желтый солнечный закат	Е124 понсо 4R	Е 128 красный 2G	Е 129 красный очаровательный АС
Вода дистиллированная (t = 25°C)	11,4	11,2	3,8	8,9	10,3
Вода дистиллированная (t = 80°C)	63,2	64,3	38,8	40,5	48,9
Спирт этиловый (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	7,6	13,5	0	10,3	11,0
Водный раствор NaCl (2%)	41,5	42,7	35,4	38,2	40,1
Водный раствор NaCl (5%)	61,9	63,4	74,5	70,8	69,9
Водный раствор NaCl (5%) (t = 80°C)	59,1	60,6	56,5	58,8	57,2
Водный раствор NaCl (10%)	55,5	53,6	73,4	60,2	62,3
Водный раствор (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (5%)	44,8	58,7	46,6	57,3	52,2
Водно-спиртовая смесь с аммиаком: H <sub>2</sub> O:C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH:NH <sub>2</sub> (5:5:0,01)	98,4	92,2	95,5	101,1	95,4

Как видно из данных таблицы 1, наиболее низкая степень извлечения СК выявлена при их экстракции спиртом этиловым — от 0,0 (Е 124) до 13,5% (Е 110). В случае применения в качестве экстрагента дистиллированной воды с температурой 25°C экстракция также низкая — от 3,8 (Е 124) до 11,4% (Е 104), однако при повышении температуры до 80°C степень извлечения красителей увеличивалась в 10 раз для Е 124 (38,8%), в 5,7 раза для Е 104 и Е 110 (63,2 и 64,3% соответственно), для Е 128 — в 4,5 раза (40,5%) и для Е 129 в 4,7 раза (48,9%). Тем не менее это низкий уровень степени извлечения. Более высокие значения степени извлечения наблюдались при использовании водных растворов NaCl различной концентрации. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании 5%-го раствора хлористого натрия — от 61,9 (Е 104) до 74,5% (Е 124). Повышение температуры этого экстрагента до 80°C результат не улучшило, а в случае с Е 124 степень извлечения оказалась ниже — 56,5%. Увеличение концентрации NaCl до 10% также не привело к существенному увеличению степени извлечения красителей из исследуемой пищевой матрицы: от 55,5 (Е 104) до 73,4% (Е 124). Проведение экстракции СК с помощью 5%-го раствора сульфата аммония показало, что степень извлечения данным экстрагентом недостаточно высокая для того, чтобы использовать его для анализа: от 46,6 (Е 124) до 58,7% (Е 110).

Максимальная степень извлечения СК получена при использовании в качестве экстрагирующего раствора водно-спиртовой смеси с аммиаком: H<sub>2</sub>O:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH:NH<sub>2</sub> (5:5:0,01). Все исследуемые СК практически полностью проэкстрагировались. Наименьшее значение степени извлечения данным экстрагентом 92,2% обнаружено для Е 110, а наибольшее — 101,1% — для Е 128. Полученные результаты признаны положительными, т. к. удовлетворяют требованию по степени извлечения — более 85%.

В таблице 2 представлены результаты извлечения СК из молочного коктейля ультрапастеризованного для питания детей дошкольного и школьного возраста «Карамельная ириска».

Таблица 2. — Степень извлечения СК из молочного коктейля ультрапастеризованного для питания детей дошкольного и школьного возраста «Карамельная ириска» различными экстрагентами

Наименование экстрагента	Степень извлечения, %		
	Е104 желтый хинолиновый	Е110 желтый солнечный закат	Е124 понсо 4R
Ацетонитрил (ACN)	35	47	20
Спирт этиловый (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	75	80	80
Водные растворы Карреза I и II	10	23	6
Водный раствор ТХУ с концентрацией 5%	0	0	0

Как видно из таблицы 2, использование 5% водного раствора ТХУ показало отрицательный результат для всех испытуемых красителей. Также неприемлемыми оказались результаты, полученные при применении водных растворов реактивов Карреза I и II: степень извлечения для Е 124 — 6%, для Е 104 — 10%, для Е 110 — 23%.

Такие результаты можно объяснить тем, что данные экстрагенты являются сильными осадителями и красители связываются с осаждаемым белком, выпадая в осадок. Менее жестким осадителем являлся ацетонитрил, который хорошо связывает молочные белки, однако присутствующие в испытуемом образце молочного коктейля другие соединения (жиры, сахара и пр.) не позволили полностью проэкстрагировать СК. Степень извлечения для Е 124 составила 20%, для Е 104 — 35%, для Е 110 — 47%.

Наиболее приемлемые результаты экстракции получены при использовании в качестве экстрагента спирта этилового. Извлечение СК Е 104 — 75%, Е 110 — 80%, Е 124 — 80%. Полученные данные составили около 80%, поэтому при окончательном расчете содержания красителя в продукте необходимо вводить поправочный коэффициент 0,8.

Таким образом, при анализе СК в пищевых продуктах для детского питания на основе зерновых в качестве экстрагирующего раствора можно рекомендовать водно-спиртовую смесь с аммиаком  $\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{NH}_2$  (5:5:0,01). Для экстракции СК из молочных продуктов необходимо применять этиловый спирт.

**Заключение.** В результате исследований разработан способ экстракции СК (Е 104, Е 110, Е 124, Е 128, Е 129) из пищевых продуктов для детского питания. Установлено, что наилучшим экстрагентом из детского питания на зерновой основе является раствор водно-спиртовой смеси с аммиаком  $\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{NH}_2$  (5:5:0,01), который позволяет провести экстракцию в полном объеме. При экстракции указанных СК из молочных продуктов для детского питания возможно применение этилового спирта, но при количественном расчете содержания СК необходимо вводить поправочный коэффициент 0,8.

#### Литература

1. Смирнов, Е.В. Пищевые красители: справочник / Е.В. Смирнов. — СПб.: Профессия, 2009. — 352 с.
2. Хайбуллина, Г.Р. Природные пищевые красители, их синтетические аналоги и влияние на организм / Г.Р. Хайбуллина, Е.С. Лиманский // Молодой ученый. — 2015. — № 9. — С. 99–102.
3. Кулев, Д.Х. Новые МВИ синтетических красителей в алкогольных напитках / Д.Х. Кулев, А.П. Пацовский // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. — 2003. — № 3. — С. 5–8.
4. ГОСТ Р 52470-2005. Продукты пищевые. Методы идентификации и определения массовой доли синтетических красителей в алкогольной продукции. — М.: Стандартинформ, 2006. — 28 с.
5. ГОСТ Р 52671-2006. Продукты пищевые. Методы идентификации и массовой доли синтетических красителей в карамели. — М.: Стандартинформ, 2007. — 24 с.
6. ГОСТ Р 52825-2007. Продукты пищевые. Метод определения наличия синтетических красителей в пряностях. — М.: Стандартинформ, 2008. — 13 с.
7. ГОСТ Р 31765-2012. Вина и виноматериалы. Определение синтетических красителей методом капиллярного электрофореза. — М.: Стандартинформ, 2013. — 12 с.

#### METHOD OF EXTRACTION OF SYNTHETIC DYES FROM FOODSTUFF FOR BABY FOOD

*Belysheva L.L.<sup>1</sup>, Shulyakovskaya O.V.<sup>1</sup>, Fiodorova T.A.<sup>1</sup>, Bogutskaya E.V.<sup>1</sup>, Bashun T.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Educational Institution “The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”, Minsk, Republic of Belarus

The way of synthetic dyes extraction (Yellow Quinolinic, Yellow Sunset, Ponso 4R, Red 2G and the Allura Red) from foodstuff has been developed for baby food. The extraction in grain products needs to be carried out by aqueous-alcoholic mix with ammonia addition. The synthetic dyes from dairy products are as much as possible extracted by ethanol. However it is necessary to consider a correction factor at the quantitative calculation of synthetic dyes maintenance.

**Keywords:** synthetic dyes, extraction, high effective liquid chromatography, baby food.

Поступила 19.07.2016

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО КОЛИЧЕСТВА ГЕРБИЦИДА ТРИБЕНУРОН-МЕТИЛА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

*Бондаренко Е.П., Голуб А.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлена новая методика определения остаточных количеств трибенурон-метила в окружающей среде. Методика основана на извлечении трибенурон-метила из анализируемых образцов органическими растворителями, очистке экстрактов с помощью твердофазной экстракции, их концентрировании и последующем анализе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с диодно-матричным детектором.

**Ключевые слова:** трибенурон-метил, гербицид, ВЭЖХ.

**Введение.** Пестициды широко используются в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками (гербициды), насекомыми (инсектициды) и грибковыми болезнями растений (фунгициды). Гербициды на основе сульфонилмочевины, разработанные в 1970-х гг., активно используются для контроля широколиственных сорняков из-за их высокой активности и низкой токсичности [1]. Одним из таких гербицидов является трибенурон-метил — послевсходовый гербицид системного действия для борьбы с двудольными сорняками в посевах подсолнечника. Он быстро проникает в сорняки и останавливает их рост и развитие. Первые признаки гербицидного действия появляются на 5–8й- день после внесения препарата, а окончательная гибель сорняков происходит в течение 2–3 недель. Гербицид действует только на проросшие сорняки.

Сульфонилмочевина накапливается в почве, воде и в малых количествах в пищевых продуктах, поэтому для определения ее следов используют такие высокочувствительные методы как ВЭЖХ с ультрафиолетовой или масс-спектрометрической детекцией, газовая хроматография, иммуноферментный анализ, капиллярный электрофорез.

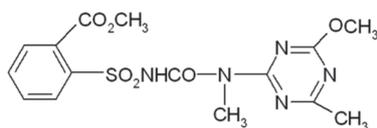
При этом этап подготовки проб сложен и отнимает много времени, поэтому необходимо разработать более эффективные подходы к пробоподготовке.

**Цель работы** — разработка высокочувствительной методики для определения остаточных количеств трибенурон-метила в объектах окружающей среды (почва, вода, растительный материал).

**Материалы и методы.** Характеристика трибенурон-метила:

Трибенурон-метил — 1-(2-циано-2-метоксиминоацетил)-3-этилмочевина.

Структурная формула:



Эмпирическая формула:  $C_{15}H_{17}N_5O_6S$ .  
Молекулярная масса — 395,4.

Трибенурон-метил представляет собой твердое кристаллическое вещество, температура плавления  $141^{\circ}C$ . Хорошо растворим в ацетонитриле, хлороформе, ацетоне, метаноле; растворимость в воде при  $pH = 6,0$  составляет 280 мг/л.

Для исследований использовали высокоэффективный жидкостный хроматограф «Agilent 1200» с диодно-матричным детектором, оснащенный хроматографической колонкой HyperClon длиной 250 мм, диаметром 4,6 мм. Детекцию трибенурон-метила вели при длине волны 240 нм. Подвижная фаза — ацетонитрил и 0,2% ортофосфорная кислота в объемном соотношении 45:55 соответственно. Скорость потока элюента составляла 1,0 мл/мин, рабочая температура колонки —  $25^{\circ}C$ . В качестве аналитического сигнала использовали площадь пика.

**Результаты и их обсуждение.** Нами были разработаны подходы к быстрому и достаточно полному извлечению трибенурон-метила из воды, почвы и растительного материала.

*Извлечение трибенурон-метила из воды.* Пробу в количестве 200 мл помещают в делительную воронку вместимостью 500 мл, дважды экстрагируют гексаном порциями по 50 мл, встряхивая каждый раз воронку в течение 3 мин. После разделения фаз в воронке верхний слой сливают в концентратор, пропуская через слой безводного сульфата натрия. Объединенный экстракт упаривают на ротационном вакуумном испарителе при температуре водяной бани не выше  $30^{\circ}C$  досуха. Сухой остаток растворяют в 1 мл подвижной фазы и анализируют.

*Извлечение трибенурон-метила из почвы или растительного материала.* Навеску предварительно просеянной пробы почвы или измельченной пробы растительного материала массой 10 г помещают в коническую колбу вместимостью 100 мл, добавляют 50 мл ацетонитрила. Встряхивают в течение 30 мин на аппарате для встряхивания или оставляют на ночь для лучшей экстракции. Экстракт фильтруют через фильтр «синяя лента» в делительную воронку на 250 мл. Экстракцию повторяют еще раз, затем экстракт фильтруют через тот же фильтр.

Извлекают трибенурон-метил двумя порциями гексана по 50 мл, интенсивно встряхивая делительную воронку в течение 15 мин на аппарате для встряхивания. Экстракты фильтруют через слой безводного сульфата натрия (толщина слоя — 1,0–1,5 см), помещенный в воронку для фильтрования на бумажный фильтр «синяя лента», в колбу-концентратор вместимостью 100 мл. Фильтрат упаривают на ротационном вакуумном испарителе при температуре водяной бани не выше  $40^{\circ}C$  до объема 1,0–1,5 мл. Далее проводят очистку экстрактов на картриджах SPE C18 Columns. Остаток из круглодонной колбы наносят на картридж. Круглодонную колбу ополаскивают 2 мл гексана и смыв также переносят на картридж. Экстракты дают впитаться, после чего картридж промывают 5 мл гексана со скоростью 1,5–2,0 мл/мин. Элюат собирают в круглодонную колбу вместимостью 25 мл и упаривают на ротационном вакуумном испарителе при температуре водяной бани не выше  $40^{\circ}C$  досуха. Сухой остаток растворяют в 1 мл подвижной фазы и анализируют при данных условиях хроматографирования.

Для установления с наибольшей степенью достоверности максимума поглощения трибенурон-метила проводили сканирование спектров поглощения стандартного раствора в диапазоне длин волн 210–400 нм (рисунок 1). Максимум поглощения трибенурон-метила находился при длине волны 240 нм. Данная длина волны использовалась для детекции вещества в процессе хроматографирования образцов. Условия хроматографирования описаны выше.

Минимальное детектируемое количество трибенурон-метила составляет 2,0 нг, ориентировочное время его удерживания — 6,2 мин.

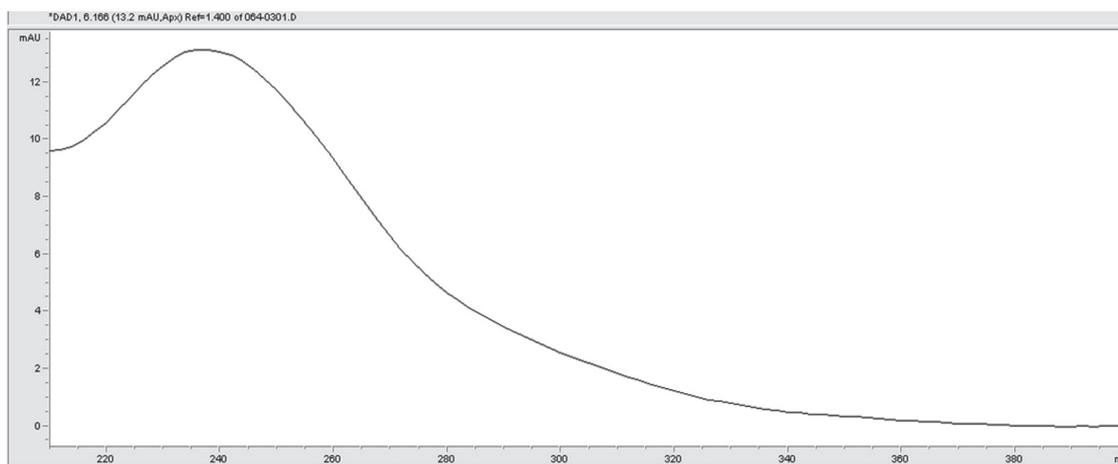


Рисунок 1. — Спектр поглощения трибенурон-метила

Нижние пределы обнаружения трибенурон-метила при разработанных условиях подготовки проб и проведения хроматографического анализа составили: вода —  $0,001 \text{ мг/дм}^3$ ; почва —  $0,01 \text{ мг/кг}$ ; растительный материал —  $0,025 \text{ мг/кг}$ .

Типичная хроматограмма представлена на рисунке 2.

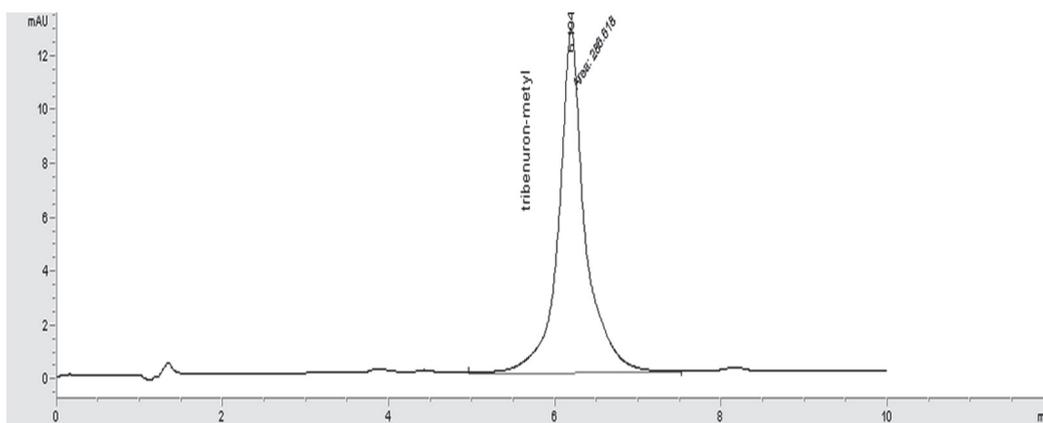


Рисунок 2. — Типичная хроматограмма стандартного раствора трибенурон-метила

**Заключение.** Таким образом, нами разработана чувствительная и эффективная методика идентификации и количественного обнаружения трибенурон-метила в объектах окружающей среды. Методика основана на извлечении трибенурон-метила из анализируемых образцов органическими растворителями, очистке экстрактов с помощью твердофазной экстракции, их концентрировании и последующем анализе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Пределы обнаружения трибенурон-метила составляют: вода — 0,001 мг/дм<sup>3</sup>; почва — 0,01 мг/кг, растительный материал — 0,025 мг/кг. Полученные нижние пределы обнаружения позволяют контролировать содержание трибенурон-метила в объектах окружающей среды на уровнях, регламентируемых гигиеническими нормативами [2].

#### Литература

1. Lubyte, J.D. Decomposition of chlopiralid, tribenuron-methyl and pendimethalin in different organic substrates / J.D. Lubyte, S. Antanaitis, A. Antanaitis // *EKOLOGIJA*. — 2007. — Vol. 53, № 4. — P. 77–83.
2. Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах. — Минск, 2012. — 128 с.
3. Проект методики «Определение трибенурон-метила, действующего вещества препарата «Тру, ВДГ» в объектах окружающей среды и растительных остатках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». — Минск, 2016. — 12 с.

## DETERMINATION OF THE RESIDUAL QUANTITY OF THE TRIBENURON-METHYL HERBICIDE IN ENVIRONMENTAL OBJECTS BY HPLC

*Bondarenko E.P., Golub A.A.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The article presents a new technique of the determination of the tribenuron-methyl residual in environmental objects. The technique is based on the extraction of tribenuron-methyl from analyzed samples with organic solvents, extract purification by solid phase extraction, their concentration and subsequent analysis by the high performance liquid chromatography method.

**Keywords:** tribenuron-methyl, herbicide, HPLC.

Поступила 19.07.2016

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБОКСИНА И ТИРАМА ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

*Голуб А.А., Кузовкова А.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Разработан селективный способ идентификации и количественного определения двух действующих веществ фунгицидного препарата — карбоксина и тирама, позволяющий с высокой чувствительностью, воспроизводимостью и точностью осуществлять их одновременное определение в воздухе рабочей зоны. Способ основан на одновременном извлечении данных действующих веществ с обеззоленных фильтров «синяя лента» органическим растворителем и последующем анализе экстракта методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

**Ключевые слова:** карбоксин, тирам, фунгицидный препарат, ВЭЖХ, воздух рабочей зоны.

**Введение.** При решении проблемы повышения урожайности сельскохозяйственных культур с помощью средств защиты растений важной задачей является контроль над загрязнением окружающей среды и рисками для работающих операторов при контакте с пестицидными препаратами. Использование комбинаций различных действующих веществ в одном препарате с целью повышения эффективности пестицидной обработки требует новых подходов при разработке аналитических методов одновременного определения концентраций нескольких действующих веществ пестицидных препаратов в объектах окружающей среды. В частности, возникла необходимость в разработке эффективного и современного высокочувствительного метода совместного определения двух действующих веществ фунгицидного препарата, применяемого

на зерновых культурах, горохе, льне, кукурузе против антракноза, корневых гнилей, плесени семян, пузырчатой и стеблевой сажки, пятнистостей, твердой летучей головни [1].

Определение содержания в воздухе рабочей зоны каждого из действующих веществ ранее проводилось по индивидуальной методике. Такой подход был основан на использовании большого количества реактивов и длительных операций. Карбоксин после экстракции хлороформом и выпаривания под вакуумом на роторном испарителе переводили в сульфоксид карбоксина, добавляя 0,1% раствор перманганата калия, 0,3% раствор соляной кислоты, 4,5% раствор щавелевой кислоты и насыщенный раствор хлорида натрия. Данные операции повторяли дважды, экстракты объединяли и анализировали методом тонкослойной хроматографии [2]. Определение тирама было основано на кислотном гидролизе до сероуглерода. Сероуглерод, выделившийся при гидролизе пробы, определяли одновременно с сероуглеродом, образовавшимся в результате метаболизма серосодержащихся веществ в исследуемом объекте. Анализ проводили газохроматографическим методом с использованием стеклянной набивной колонки [3]. Помимо трудоемкости недостатком данных методик является низкая чувствительность.

Нами для определения карбоксина и тирама при совместном присутствии в воздухе рабочей зоны предлагается использовать высокоэффективную жидкостную хроматографию, относящуюся к наиболее доступным, точным и чувствительным современным методам.

**Цель работы** — разработка экономичного способа совместного определения карбоксина и тирама в одной пробе воздуха рабочей зоны методом ВЭЖХ, обеспечивающим нижний предел обнаружения на уровне 0,002 мг/м<sup>3</sup> при отборе 50 дм<sup>3</sup> воздуха.

**Материалы и методы.** Объектами исследований явились бумажные фильтры «синяя лента» с нанесенными стандартными растворами карбоксина и тирама.

Характеристика действующих веществ:

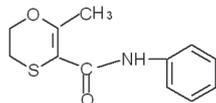
Карбоксин (ISO);

5,6-дигидро-2-метил-1,4-оксатиин-3-карбоксанилид (химическое название);

2-метил-N-фенил-5,6-дигидро-1,4-оксатиин-3-карбоксамид (IUPAC).

Эмпирическая формула вещества: C<sub>12</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>2</sub>S.

Структурная формула вещества:



Молекулярная масса — 235,3.

Карбоксин — твердое кристаллическое вещество белого цвета без запаха.

Температура плавления — 91,5–92,5°C, разлагается до момента кипения. Давление паров при 20°C составляет 1×10<sup>-7</sup> мм рт. ст. Растворимость в воде при 20°C — 1,9 мг/л. Хорошо растворим в большинстве органических растворителей: в метаноле — 80,0; ацетоне — 170,0; этилацетате — 93,0 г/л. В растениях в течение 6 недель карбоксин подвергается окислению, образуя в основном сульфоксид карбоксина. В почве окисление карбоксина до сульфоксида карбоксина завершается за 2 недели. В воздухе рабочей зоны при применении препарата может присутствовать в виде аэрозоля.

Тирам (ISO);

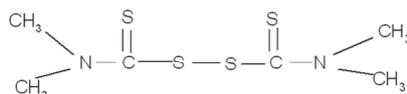
Тетраметилтиурамдисульфид (химическое название);

{Дитиобис[(тиоксометил)нитрило]}тетраметан;

Би(диметилтио-карбамоил)дисульфид (IUPAC).

Эмпирическая формула вещества: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.

Структурная формула вещества:



Молекулярная масса — 240,4.

Тирам — порошок белого цвета без запаха. Температура плавления — 145–149°C. Разлагается до момента кипения. Давление паров при 25°C составляет 5,33×10<sup>-7</sup> мм рт. ст. Растворимость в воде при 20°C — 16,5 мг/л. Хорошо растворим в большинстве органических растворителей: в ацетоне — 69,7; метаноле — 1,9; хлороформе — 204,7; гексане — 0,09 г/л. Стабилен при хранении в первоначальной упаковке (емкости) в сухом прохладном месте не менее 2-х лет. Устойчив к 5 циклам замораживания – оттаивания без изменения физико-химических свойств. В воздухе рабочей зоны при применении препарата может присутствовать в виде аэрозоля.

В соответствии с «Гигиеническими нормативами содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах (перечень)», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 27.09.2012 № 149, предельно допустимый уровень (ПДК) в воздухе рабочей зоны карбоксина — 1,0; тирама — 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Разработку методики проводили на жидкостном хроматографе Agilent 1200, оснащенном детектором с диодной матрицей, позволяющим выполнять сканирование спектра поглощения изучаемых растворов, что дает возможность судить о чистоте анализа объекта. При отработке условий хроматографического анализа варьировали видами хроматографических разделительных колонок с различным типом фазы и размером, режимами хроматографирования (состав подвижной фазы, объем введения пробы, скорость подачи элюента, температура термостата колонки).

Идентификация веществ проводилась по времени удерживания, а количественное определение — методом абсолютной калибровки.

**Результаты и их обсуждение.** В качестве экстрагента карбоксина и тирама с фильтров использовали ацетонитрил. Фильтр с пробой переносили в бюкс с притертой крышкой вместимостью 30 см<sup>3</sup> и добавляли 10 см<sup>3</sup> ацетонитрила. Бюкс по-

мещали в ультразвуковую ванну на 5 мин для экстракции. Растворитель сливали в грушевидную колбу, отжимая фильтр стеклянной палочкой. Экстракцию повторяли при тех же условиях. Объединенный экстракт упаривали в грушевидной колбе на ротационном вакуумном испарителе до объема 0,3–0,5 см<sup>3</sup>, оставшийся растворитель отдували потоком теплого воздуха, сухой остаток растворяли в 1 см<sup>3</sup> подвижной фазы для ВЭЖХ и анализировали на жидкостном хроматографе Agilent 1200.

При отработке условий хроматографического анализа для разделения определяемых веществ использовали стальные хроматографические колонки: HyperClon BDS C18 длиной 250 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, зернением фазы 5 мкм; Hypersil Gold длиной 250 мм, внутренним диаметром 3,0 мм, зернением фазы 5 мкм; Hypersil ODS длиной 150 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, зернением фазы 5 мкм. Температура термостата колонок составляла 20; 25; 30°C. В качестве подвижных фаз применяли смесь ацетонитрил — деионизованная вода в соотношении 30:70; 40:60; 50:50; 60:40; 70:30; 80:20; 90:10 по объему. Скорость потока подвижной фазы составляла 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 см<sup>3</sup>/мин. Для установления с наибольшей степенью достоверности максимума поглощения определяемых веществ проводили сканирование спектров поглощения стандартных растворов карбоксина и тирама в диапазоне длин волн 210–400 нм (рисунки 1, 2).

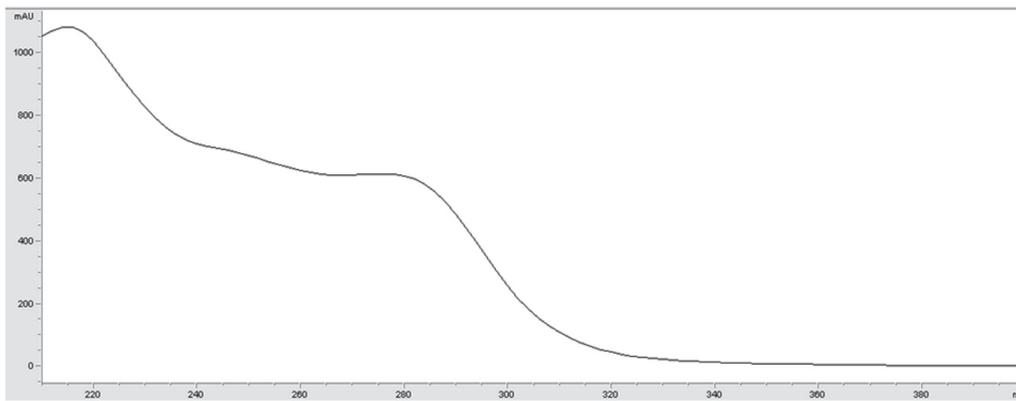


Рисунок 1. — Спектр поглощения тирама

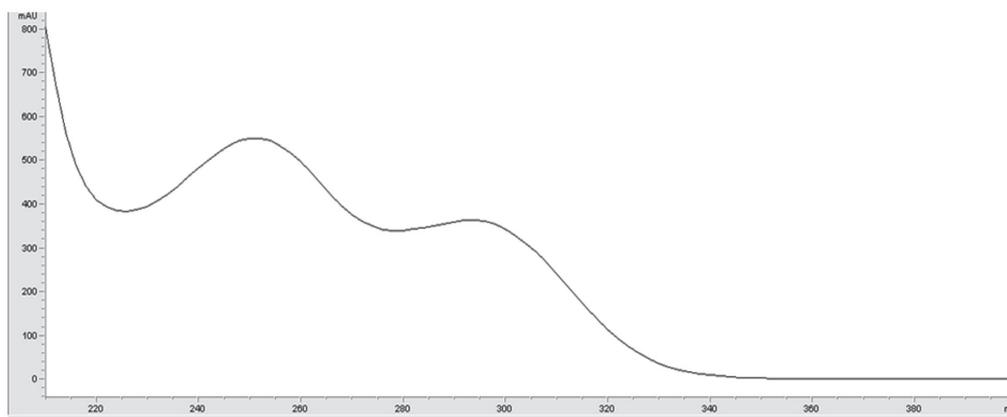


Рисунок 2. — Спектр поглощения карбоксина

Условия хроматографирования выбирали так, чтобы время хроматографирования не превышало 10 мин, коэффициент асимметрии пиков был не более 0,8, а пики анализируемых веществ удовлетворительно разделялись.

Исследования позволили установить, что оптимальные условия выполнения измерений концентраций карбоксина и тирама в воздухе рабочей зоны следующие:

- 2-кратная экстракция изучаемых соединений с фильтров в течение 5 мин при помощи ультразвуковой ванны, время экстракции 10 мин;
- концентрирование экстракта путем полного удаления ацетонитрила и растворения остатка в 1 см<sup>3</sup> подвижной фазы;
- использование для хроматографического анализа жидкостного хроматографа Agilent 1200, оснащенного диодно-матричным детектором;
- применение для разделения смеси хроматографической колонки длиной 250 мм, диаметром 4,0 мм и фазой Hyperclon BDS C18, температура колонки 30°C;
- применение в качестве подвижной фазы смеси ацетонитрил : деионизованная вода в соотношении 50:50 при скорости потока 1,0 см<sup>3</sup>/мин;
- проведение измерений концентраций карбоксина и тирама при длине волны 250,8 нм.

Время выхода при подобранных условиях проведения хроматографического анализа карбоксина — 5,0; тирама — 8,1 мин.

Типичная хроматограмма смеси при разработанных условиях анализа приведена на рисунке 3.

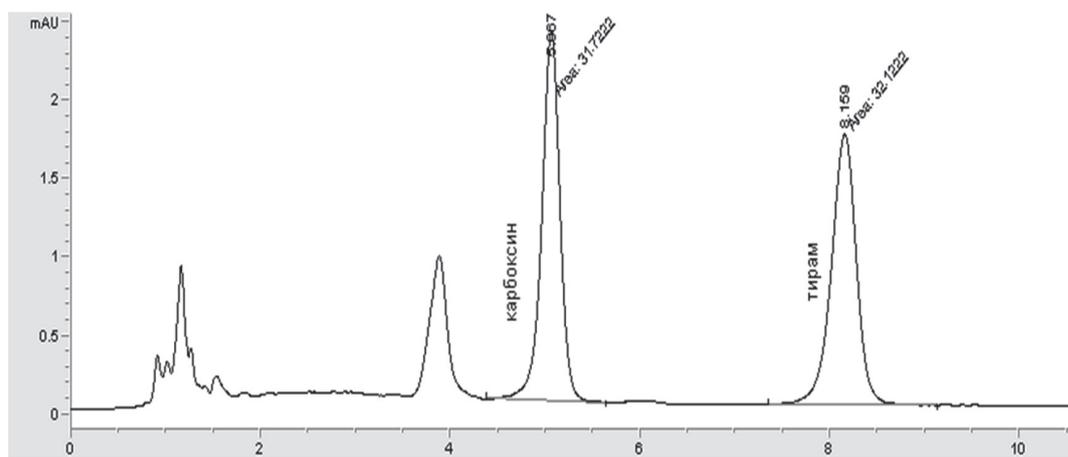


Рисунок 3. — Типичная хроматограмма смеси веществ карбоксона и тирама

При использовании вышеперечисленных условий нижний предел обнаружения при отборе 50 дм<sup>3</sup> воздуха составляет 0,002 мг/м<sup>3</sup> (ПДК в воздухе рабочей зоны карбоксона — 1,0; тирама — 0,5 мг/м<sup>3</sup>). Степень извлечения составляет 87–90%.

**Заключение.** В результате исследований был разработан доступный и чувствительный способ совместного определения карбоксона и тирама в одной пробе воздуха рабочей зоны методом ВЭЖХ. Способ был апробирован при оценке воздуха рабочей зоны при применении препарата «Бастин» и позволил достоверно идентифицировать и количественно определить содержание изучаемых веществ. Применение разработанного способа позволило рассчитать метрологические характеристики методики (стандартное отклонение — 7,8; доверительный интервал среднего результата — 9,0; среднее значение определения — 97,1% (доверительная вероятность P = 95%)).

#### Литература

1. Протравитель Витавакс (карбоксин + тирам) [ Электронный ресурс ]. — Режим доступа: [http://dobrodej.com.ru/chem\\_rea/protravitel-vitavaks-karboksin.html](http://dobrodej.com.ru/chem_rea/protravitel-vitavaks-karboksin.html). — Дата доступа: 23.03.2016.
2. Инструкция по применению № 10-29-111-2008. Методика определения карбоксона, действующего вещества препаратов «Витавакс 200 ФФ, 34% ВСК» и «Витавакс 200, 75% СП», в воде, почве, воздухе рабочей зоны и растительных материалах хроматографическими методами: утв. 04.02.2008. — Минск, 2008. — 18 с.
3. Инструкция по применению № 10-29-112-2008. Методика определения тирама, действующего вещества препаратов «Витавакс 200 ФФ, 34% ВСК», «Витавакс 200, 75% СП» и «Роялфло 42С, 48% ТР», в воде, почве, воздухе рабочей зоны и растительных материалах методом газожидкостной хроматографии: утв. 04.02.2008. — Минск, 2008. — 13 с.

### DETERMINATION OF THE CARBOKSIN AND TIRAM CONTENT AS THE RESULT OF THE JOINT PRESENCE IN WORKPLACE AIR BY THE HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY METHOD

*Golub A.A., Kuzovkova A.A.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The selective method for the identification and quantification of two active ingredients included in the fungicide formulation – carboksin and tiram has been developed. The method allows to determinate simultaneously the carboksin and tiram in workplace air with high sensitivity, reproducibility and accuracy. The method is based on the simultaneous extraction of ingredients from ashless filters "blue ribbon" by organic solvent and the extract analysis by the high performance liquid chromatography (HPLC) method.

**Keywords:** carboksin, tiram, fungicide formulation, HPLC, workplace air .

Поступила 19.07.2016

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИМЕТИЛФТАЛАТА И ДИЭТИЛФТАЛАТА В ВОЗДУШНЫХ ВЫТЯЖКАХ

*Ивашкевич Л.С., Ковшова Т.В., Ваикова О.Н.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В результате исследований установлены оптимальные условия хроматографирования, в качестве поглощающего раствора выбраны этанол и изопропанол, экстрагента — толуол. Разработана методика определения диметилфталата и диэтилфталата в воздушных вытяжках из товаров народного потребления в диапазоне концентраций от 0,0035 до 0,02 мг/м<sup>3</sup> на газовом хроматографе «Agilent 6890» с детектором электронного захвата и капиллярной колонкой HP-5, которая характеризуется следующими метрологическими характеристиками: повторяемость — 15,60% для диметилфталата и 20,10% для диэтилфталата, внутрилабораторная воспроизводимость — 13,36% для диметилфталата и 10,17% для диэтилфталата.

**Ключевые слова:** газовая хроматография, фталаты, диметилфталат, диэтилфталат, экстракция.

**Введение.** Фталаты, сложные эфиры о-фталевой кислоты, относятся к важнейшим продуктам химической промышленности. Низкомолекулярные фталаты, такие как диметилфталат и диэтилфталат, используются в производстве лаков,

смола, косметики. Диэтилфталат применяется в качестве желатинизирующего средства и денатурирующего агента. Высокомолекулярные о-фталаты, особенно дибутилфталат и бис-(2-этилгексил)фталат, являются наиболее востребованными пластификаторами многих полимеров: поливинилхлорида, поливинилацетата, резина, каучуков, полистирола и других. Содержание пластификатора в полимерных материалах может достигать 50%. В связи с этим основным источником поступления диалкилфталатов в окружающую среду — пластифицированные полимеры, в особенности поливинилхлорид, из которых эти вещества диффундируют в воздух и воду [1].

Попадая в окружающую среду, фталаты вызывают серьезные нарушения в биосфере и здоровье человека. Они способны накапливаться в организме. Являясь эндокринными дизрапторами, они нарушают секрецию гормонов эндокринными железами, способствуют возникновению различных гормонозависимых заболеваний. У животных фталаты вызывают серьезные поражения печени и почек, а иногда рак этих органов и некоторые виды лейкозов. Установлено влияние содержания фталатов на уровень гормонов щитовидной железы у человека. Низкомолекулярные о-фталаты, такие как диметилфталат и диэтилфталат, способны вызывать аллергические реакции, астму. О-фталаты большей молекулярной массы (ди-(2-этилгексил)фталат, бутилбензилфталат, диизонилфталат, диизодecilфталат приводят к возникновению раковых опухолей, нарушению работы эндокринной системы и заболеваниям печени, почек, репродуктивных органов [2].

В 2015 г. Европейский Союз принял закон о полном запрете на использование фталатов в большей части изделий из пластмасс. В США с 2009 г. действует запрет на использование диэтилгексафталата, дибутилфталата и бутилбензилфталата в концентрациях выше 0,1% в игрушках и средствах ухода за детьми.

Содержание фталатов, в частности диметил- (ДМФ) и диэтилфталата (ДЭФ), в товарах народного потребления на территории стран-участниц Таможенного союза регламентируется Техническими регламентами. Согласно Техническим регламентам Таможенного союза ТС ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» и ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек» миграция в воздушную среду из образцов не должна превышать для диметилфталата 0,007 мг/м<sup>3</sup>, для диэтилфталата — 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Низкие допустимые значения содержания ДМФ и ДЭФ в воздушных вытяжках обуславливают высокие требования к методикам их определения. В настоящее время методики определения данных веществ в воздушных вытяжках отсутствуют, анализ проводится по методам определения фталатов в атмосферном воздухе [3]. Измерения концентрации диметилфталата выполняют методом газожидкостной хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием. Концентрирование из воздуха осуществляют на активированный уголь. Экстракцию ДМФ с активированного угля проводят хлороформом. Нижний предел измерения в анализируемом объеме пробы — 1 мкг.

Недостатком данных методов является необходимость отбора большого объема воздуха (180 дм<sup>3</sup>), что невозможно при отборе проб из эксикатора, в котором проводится приготовление воздушной вытяжки.

**Цель работы** — разработка методики газохроматографического определения ДМФ и ДЭФ в воздушных вытяжках из товаров народного потребления.

**Материалы и методы.** Для исследований использовались растворы, приготовленные из чистых веществ: ДМФ — Sigma Aldrich, 99,5% и ДЭФ — Fluka, 99,9%. В качестве поглотительных растворов и экстрагентов применяли спирт этиловый и изопропанол (Acros), толуол (Fisher Chemical) и гексан (Carlo Erba).

При разработке методики принято решение использовать газовый хроматограф с детектором электронного захвата. Детектор электронного захвата является наиболее часто используемым селективным газохроматографическим детектором и применяется для определения галоген-, кислород- и азотсодержащих веществ, других веществ, содержащих атомы с явно выраженным сродством к электрону [4].

Инструментальные измерения проводились на газовом хроматографе «Agilent 6890» с детектором электронного захвата и капиллярной колонкой HP-5 (30 м×0,32 мм×0,25 мкм). Минимально детектируемое количество ДМФ и ДЭФ — 0,07 нг.

**Результаты и их обсуждение.** Для количественного анализа эфиров о-фталевой кислоты наиболее широко распространенным методом является газовая хроматография с масс-спектрометрическим, пламенно-ионизационным или электронно-захватным детектором.

Преимуществом газовой хроматографии, совмещенной с хромато-масс-спектрометром, является очень высокая чувствительность. Однако зачастую на этапах отбора пробы и пробоподготовки происходит загрязнение образца фталатами из окружающей среды. В связи с этим возникают проблемы, связанные с завышением результата количественного анализа фталатов в контрольной пробе и невозможностью точного определения данных веществ в объекте указанным методом.

При изучении условий хроматографирования варьировались такие параметры, как температура колонки и испарителя, скорость выхода на температурный режим. В качестве определяющих параметров рассматривались время удерживания и симметрия пика, которые сильно зависят от условий хроматографирования. При повышении и понижении температуры колонки симметрия пика на хроматограмме ухудшалась, максимальное значение симметрии пика наблюдалось при температуре колонки 240°C. При увеличении скорости выхода на температурный режим значение симметрии пика увеличивалось, а время удерживания сокращалось. При увеличении температуры испарителя симметрия пика уменьшалась.

Таким образом, установлены оптимальные условия хроматографирования, которые позволили разделить пики ДМФ и ДЭФ:

- температура колонки: начальная — 140°C (удерживается 0,3 мин), далее нагрев со скоростью 40°C/мин до 240°C (удерживается 2,5 мин) и нагрев со скоростью 50°C/мин до 300°C (удерживается 1,0 мин);
- температура испарителя — 260°C;
- температура детектора — 300°C;
- давление потока газа носителя (гелий) — 1,2 кПа;
- время удерживания ДМФ — 3,53 мин, ДЭФ — 3,96 мин.

Прибор градуировали по приготовленным растворам ДЭФ и ДМФ методом абсолютной градуировки. Графики имеют линейную зависимость во всем исследуемом диапазоне концентраций (рисунок 1).

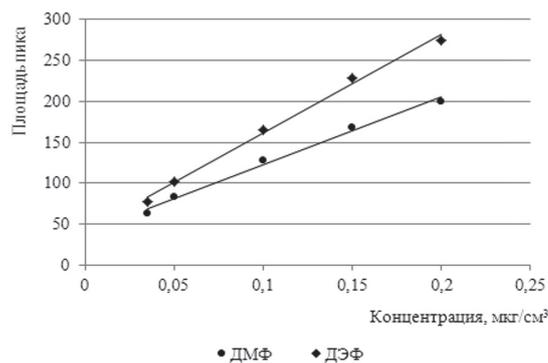


Рисунок 1. — Градуировочные графики ДМФ и ДЭФ

При отборе проб в качестве поглотителя использовали этанол или изопропанол. Для подбора наиболее подходящего растворителя в две пробирки помещали по 5 см<sup>3</sup> этанола и изопропанола. Объем довели дистиллированной водой до 25 см<sup>3</sup>. Затем шприцем вносили по 0,010 см<sup>3</sup> смеси растворов ДМФ и ДЭФ концентрацией 100 мкг/см<sup>3</sup> каждый и добавляли в каждую из пробирок по 1 см<sup>3</sup> толуола в качестве экстрагента. Пробирки интенсивно встряхивали в течение 3 мин. Для улучшения разделения фаз в каждую пробирку добавляли по 2–3 капли концентрированной серной кислоты. Для анализа на газовом хроматографе 0,002 см<sup>3</sup> толуольного экстракта вводили в испаритель хроматографа. Параллельно с каждым растворителем проводился холостой опыт без внесения ДМФ и ДЭФ. При использовании этанола и изопропанола перед началом анализа необходимо проверять чистоту реактивов. Так, при использовании этилового спирта брали 2 партии растворителя (партия № 1 и № 2) с разным временем поступления реактива, а изопропанол использовали фирмы Acros и по ГОСТ 9805. Для этилового спирта из партии № 2 и изопропанола, изготовленного по ГОСТ 9805, в холостых пробах наблюдались высокие пики на месте выхода ДМФ и ДЭФ, поэтому эти растворители далее не использовались. Степени извлечения исследуемых фталатов из этанола партии № 1 и изопропанола Acros отличаются незначительно и представлены на рисунке 2.

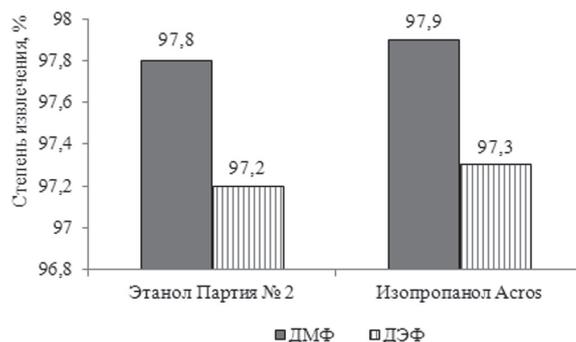


Рисунок 2. — Зависимость степени извлечения ДМФ и ДЭФ от разных растворителей

Таким образом, при отборе проб можно использовать либо этанол, либо изопропанол, предварительно проверив растворитель на чистоту.

Для подбора наиболее подходящего экстрагента, используемого для экстракции ДМФ и ДЭФ из этанола или изопропанола, использовали гексан и толуол. Исходя из анализа данных, полученных по результатам экстракции, представленных на рисунке 3, в качестве экстрагента выбран толуол.

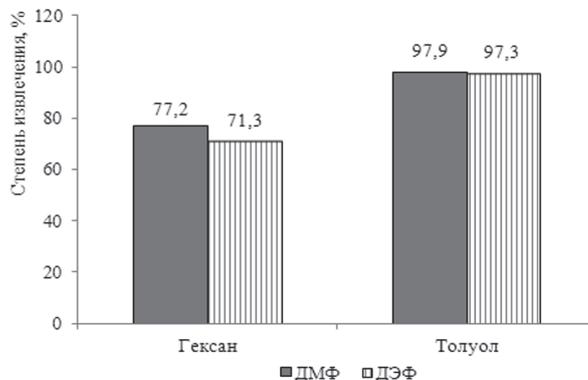


Рисунок 3. — Зависимость степени извлечения ДМФ и ДЭФ от разных экстрагентов

Для оптимизации процесса пробоподготовки было изучено влияние продолжительности экстракции на степень извлечения ДМФ и ДЭФ, варьируя время экстракции от 3 до 10 мин. Использовали однократную экстракцию, т. к. каждая до-

полнительная стадия пробоподготовки увеличивает степень загрязнения пробы фталатами. Анализ данных, приведенных на рисунке 4, показал, что даже при продолжительности экстракции 3 мин степень извлечения является удовлетворительной, и для оптимального проведения эксперимента была выбрана продолжительность 3 мин.

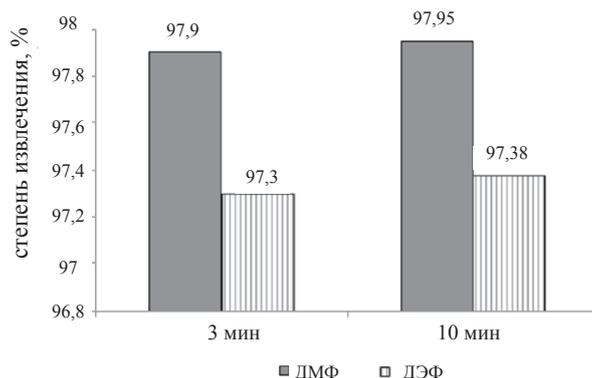


Рисунок 4. — Зависимость степени извлечения ДМФ и ДЭФ от времени

На основании исследований разработана следующая методика определения ДМФ и ДЭФ в воздушных вытяжках в диапазоне концентраций от 0,0035 до 0,02 мг/м<sup>3</sup>. Исследуемый образец помещают в эксикатор с двумя отводными трубками. После экспозиции в течение 24 ч при температуре 37°C через емкость с образцом аспирируют воздух через поглотительный прибор, заполненный 5 см<sup>3</sup> этилового или изопропилового спирта. Содержимое поглотительного прибора сливают в пробирку объемом 25 см<sup>3</sup> и доводят объем до метки дистиллированной водой. В пробирку добавляют 1 см<sup>3</sup> толуола и 1–2 капли концентрированной серной кислоты, смесь энергично встряхивают в течение 3 мин. После разделения фаз верхний толуольный слой используют для анализа на газовом хроматографе с детектором электронного захвата. Методика характеризуется следующими метрологическими показателями:

- повторяемость — 15,6% для ДМФ и 20,1% для ДЭФ;
- внутрिलाбораторная воспроизводимость — 13,36% для ДМФ и 10,17% для ДЭФ.

**Заключение.** В результате исследований подобраны оптимальные условия хроматографирования. Установлено, что применение газового хроматографа с детектором электронного захвата позволяет определять ДМФ и ДЭФ на уровне 0,5 ПДК. Определены условия пробоподготовки. Изучена возможность применения разных растворителей в качестве поглотительных растворов. Установлено, что возможно использование этанола или изопропанола. В качестве экстрагента использован толуол. Впервые разработана методика определения ДМФ и ДЭФ в воздушных вытяжках из товаров народного потребления, которая характеризуется следующими метрологическими характеристиками: повторяемость — 15,6% для ДМФ и 20,1% для ДЭФ, внутрिलाбораторная воспроизводимость — 13,36% для ДМФ и 10,17% для ДЭФ. Применение данной методики позволит проводить испытания товаров народного потребления на соответствие требованиям ТС ТС 007/2011 и ТР ТС 008/2011.

#### Литература

1. Определение эфиров фталевой кислоты в питьевой и природной воде методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием / А.Р. Холова [и др.] // Вода: химия и экология. — 2012. — № 5. — С. 85–91.
2. Крылов, В.А. Хромато-масс-спектрометрическое определение эфиров о-фталевой кислоты в бутилированной воде отечественного и зарубежного производства / В.А. Крылов, В.В. Волкова // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. — 2014. — № 1 (2). — С. 210–213.
3. МУК 4.1.611-96. Методические указания по газохроматографическому определению диметилфталата в атмосферном воздухе // Определение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: сб. метод. указ. — М., 1997. — С. 161–167.
4. Царев, Н.И. Практическая газовая хроматография: учеб.-метод. пособие для студ. хим. фак-та по спецкурсу «Газохроматографические методы анализа» / Н.И. Царев, В.И. Царев, И.Б. Катраков. — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2000. — 156 с.

## DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING DIMETHYLPHthalATE AND DIETHYLPHthalATE IN AIR HOODS

*Ivashkevich L.S., Kovshova T.V., Vashkova O.N.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

These studies established the optimal conditions for chromatography, as the absorption solution selected ethanol and isopropanol extractant - toluene. The method of determination of dimethyl phthalate and diethyl phthalate in air extracts of consumer goods in the range of concentrations of 0.0035–0.02 mg/m<sup>3</sup> in the gas chromatograph "Agilent 6890" with electron capture detector and a capillary column HP-5, which is characterized by the following metrological characteristics: repeatability of 15.6 to 20.1% of dimethyl phthalate and diethyl phthalate to, within-reproducibility of 13.36 to 10.17% of dimethyl phthalate and diethyl phthalate to.

**Keywords:** gas chromatography, phthalates, dimethyl phthalate, diethyl phthalate, extraction.

Поступила 07.07.2016

# УСЛОВИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОБ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ГЛИФОСАТА В МОЛОКЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ДЕТЕКЦИЕЙ

Кузовкова А.А.<sup>1</sup>, Новицкая Т.В.<sup>1</sup>, Филонов В.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Научно-исследовательское управление закрытого акционерного общества «БелАсептика», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** Установлены условия подготовки проб питьевого коровьего молока при определении остаточных количеств глифосата с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуоресцентной детекцией. Условия включают подкисление проб соляной кислотой для гидролиза конъюгатов глифосата с компонентами матрицы, депротеинизацию с помощью ацетонитрила и удаление липидов дихлорметаном, использование центрифугирования для удаления образовавшихся нерастворимых частиц, разбавление проб для снятия эффекта матрицы, соблюдение оптимальных условий реакции дериватизации глифосата с флуоресцентным реагентом 9'-флуоренилметилоксикарбонилхлоридом (fluorenylmethyl oxycarbonyl chloride, FMOC-Cl). По предлагаемой методике возможно определить 25 нг глифосата в 1 см<sup>3</sup> пробы.

**Ключевые слова:** глифосат, молоко, высокоэффективная жидкостная хроматография, детекция флуоресценции.

**Введение.** В марте 2015 г. Международное агентство по изучению рака ВОЗ объявило глифосат — действующее вещество самого востребованного в мире системного неселективного гербицида «Roundup» и его аналогов — «возможным канцерогеном для человека» (категория опасности «2А», способен вызывать неходжкинские лимфомы). Основные пути поступления глифосата в организм человека — ингаляционный и через кожу (для профессионального контингента), а также с водой и пищей (для остальной популяции). Ранее считалось, что глифосат не аккумулируется в организме людей, однако результаты новейших обследований жителей Европы и США говорят об ином. В Германии в аккредитованной лаборатории «Biocheck» (г. Лейпциг) в октябре–декабре 2015 г. было проведено обследование жителей, не вступавших в прямой контакт с гербицидом, в результате которого глифосат был обнаружен в моче 99,6% человек (у 2001 из 2009 человек в количестве 0,5 нг/см<sup>3</sup> – 4,2 мкг/см<sup>3</sup>). Гербицид также был обнаружен в грудном молоке у всех 16 обследуемых кормящих матерей из 8 различных немецких регионов в концентрации от 0,210 до 0,432 нг/см<sup>3</sup>, что значительно превышало европейскую ПДК для питьевой воды в 0,1 нг/см<sup>3</sup>. Обследуемые женщины имели обычный пищевой рацион [1]. В США сотрудники Microbe Inotech Laboratories (St. Louis) обнаружили остатки глифосата в 3 из 18 образцов грудного молока и в 6 из 40 образцов детского питания [2]. Предположили, что гербицид появился в организме людей из-за его присутствия в пищевых продуктах.

В настоящее время в аналитических лабораториях всего мира занимаются разработкой быстрых и точных методик анализа остаточных количеств глифосата в продовольственном сырье, готовых продуктах питания и биологических жидкостях человека (крови, моче, грудном молоке) для мониторинговых исследований. Большинство из уже разработанных методик основываются на анализе содержания глифосата ВЭЖХ с использованием масс-спектрометрии. Однако даже в странах Евросоюза данные методики пока не находят широкого применения из-за отсутствия масс-спектрометров в лабораториях.

**Цель работы** — разработка условий подготовки проб при определении глифосата в молоке сельскохозяйственных животных методом ВЭЖХ без использования масс-спектрометрии. Данная методика при необходимости может быть применима и для анализа содержания глифосата в грудном молоке женщин.

**Материалы и методы.** Объектом исследований явились стандартные водные растворы глифосата (5; 10; 25; 50 и 75 нг/см<sup>3</sup>), приготовленные из аналитического стандарта с содержанием действующего вещества 99,3%, а также коровье стерилизованное питьевое молоко (с массовой долей жира 3,2%, белка 2,8–3,2%) из местного магазина. К аликватам коровьего молока добавляли стандартный водный раствор глифосата (1 мкг/см<sup>3</sup>) до конечной концентрации в пробе 5; 10; 25; 50 и 75 нг/см<sup>3</sup>. Очистка матрицы от мешающих веществ и условия реакции дериватизации глифосата подробно описаны ниже. Анализ содержания глифосата в стандартных растворах и пробах проводили с помощью ВЭЖХ на хроматографе Finnigan Surveyor Plus (производство Thermo Scientific), оснащенном флуоресцентным детектором и колонкой Hypersil Gold (производство Thermo Scientific) длиной 250 мм, внутренним диаметром 3 мм и зернением 5 мкм. Колонку стабилизировали в течение 30 мин при температуре 30°C, скорости потока подвижной фазы — 0,5 см<sup>3</sup>/мин до получения стабильной нулевой линии сигнала детектора. В качестве подвижной фазы использовали смесь 0,01М калий-фосфатного буфера (pH = 5,8) (А) с ацетонитрилом (Б) в объемном соотношении 70:30 соответственно. Разделение вели в течение 27 мин в изократическом режиме элюирования. Объем ввода пробы — 10 мкл. Длина волны для детекции глифосата в виде флуоресцентного производного: возбуждения — 270 нм, испускания — 313 нм. Время удерживания глифосата в молочной матрице устанавливали по его стандартному раствору (оно составляло 5,28–5,38 мин). Идентификацию глифосата в пробах проводили по времени удерживания.

**Результаты и их обсуждение.** Физико-химические свойства глифосата N-фосфонометил-глицина, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>5</sub>P) создают особые проблемы при разработке методов его определения в различных матрицах. Молекула глифосата (рисунок 1) содержит три фрагмента различной химической природы: фрагмент карбоновой кислоты, вторичного амина и фосфоновой кислоты.

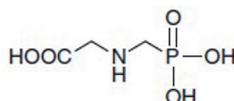


Рисунок 1. — Химическая формула глифосата

Совокупность этих фрагментов в молекуле приводит к тому, что глифосат практически нелетуч и вследствие своей высокой полярности нерастворим в большинстве органических растворителей (этанол, ацетон, бензол и др.). В составе молекул глифосата отсутствуют хромофоры, что делает невозможным спектральное определение этих соединений в ви-

димой части спектра. Низкая растворимость глифосата в органических растворителях затрудняет использование большинства распространенных процедур дериватизации для этерификации кислотных фрагментов молекул глифосата или ацилирования аминных фрагментов с последующим использованием газохроматографических детекторов, поэтому для обнаружения и количественного определения глифосата широко используют ВЭЖХ с диодно-матричной, флуоресцентной и масс-спектрометрической детекцией. Высокая полярность и высокая растворимость глифосата в воде ( $12 \text{ г/см}^3$  при  $25^\circ\text{C}$ ) значительно усложняет процедуру извлечения глифосата из различных матриц и последующую очистку полученных экстрактов. Вследствие этого определение глифосата в сельскохозяйственном и продовольственном сырье и пищевых продуктах является трудоемким, сложным и дорогостоящим процессом [3].

Глифосат легко образует комплексы с различными катионами, что затрудняет его извлечение не только из биологических матриц, но и из загрязненных вод. Подкисление образцов соляной кислотой до  $\text{pH} = 1$  позволяет успешно решить данную проблему (происходит гидролиз конъюгатов глифосата с компонентами матрицы) [4]. Мы использовали этот прием для повышения процента извлечения глифосата из питьевого коровьего молока ( $1 \text{ см}^3$  молока добавляли  $0,085 \text{ см}^3$  20% раствора соляной кислоты и интенсивно перемешивали). К тому же это привело к денатурации («сворачиванию») казеина — основного молочного белка, что способствовало дополнительной очистке матрицы.

Следующим важным этапом явилось полное освобождение пробы молока от белков (казеина, альбуминов). С этой целью использовали ацетонитрил в объемном соотношении «проба : ацетонитрил = 1:2» ( $1 \text{ см}^3$  молока прибавляли  $2 \text{ см}^3$  ацетонитрила, интенсивно взбалтывали в течение 30 с). Некоторые авторы [4] рекомендуют применять метанол в том же соотношении.

Для освобождения матрицы от образовавшихся нерастворимых суспендированных белковых частиц целесообразно использовать центрифугирование, а не фильтрование через различные фильтрующие материалы. Центрифугирование значительно ускоряет процедуру получения прозрачной пробы молока и обеспечивает осаждение взвешенных частиц без снижения процента извлечения аналита. Пробы молока центрифугировали при 3000 об./мин в течение 5 мин при комнатной температуре.

Для удаления неионных слаборастворимых в воде компонентов матрицы, таких как липиды, можно использовать дихлорметан. К  $0,9 \text{ см}^3$  супернатанта, полученного после центрифугирования и содержащего  $0,3 \text{ см}^3$  пробы и  $0,6 \text{ см}^3$  ацетонитрила, нами было добавлено  $0,3 \text{ см}^3$  дихлорметана (объемное соотношение «ацетонитрил : дихлорметан = 2:1»). Пробирку встряхивали в течение 3 мин и затем центрифугировали при 3000 об./мин в течение 5 мин при комнатной температуре. Матрица делилась на 2 зоны: в нижней содержалась собственно проба ( $0,3 \text{ см}^3$ ), в верхней — ацетонитрил в смеси с дихлорметаном ( $0,9 \text{ см}^3$ ). Верхний слой удаляли, нижний — использовали для дальнейшего анализа.

Слабое молярное поглощение глифосата не позволяет проводить его прямое детектирование с необходимой чувствительностью с помощью спектрофотометрического детектора высокоэффективного жидкостного хроматографа, поэтому получают производные аминного фрагмента молекулы глифосата с помощью предколоночных или послеколоночных дериватизационных реакций [3]. При определении остатков глифосата в коровьем молоке нами проводилась предколоночная дериватизация глифосата с использованием ФМОС-Cl. Данная реакция представляет собой амиолиз, при котором ацил-хлорид (ФМОС-Cl) реагирует с вторичным амином глифосата с образованием соответствующего амида (ФМОС-глифосат) и соляной кислоты [5]. Полученное производное глифосата характеризуется стабильностью в кислых средах, флуоресцирующими свойствами и способностью к поглощению в УФ-области спектра.

Как установлено Lai F. и соавт. [6], на протекание реакции дериватизации аминокислот с использованием ФМОС-Cl огромное влияние оказывает природа пробы (т. н. «эффект матрицы»). Для минимизирования данного эффекта рекомендуют разбавлять пробу до 30 раз [6]. Молоко представляет собой сложную биологическую жидкость. При проведении реакции дериватизации глифосата с помощью ФМОС-Cl в молоке мы столкнулись с эффектом матрицы, причем он наблюдался и после этапов очистки пробы от белков и липидов, поэтому далее в своих экспериментах использовали разведенную в 16 раз пробу. Разведение пробы осуществляли после ее очистки от белков и липидов.

К  $0,3 \text{ см}^3$  очищенной от белков и липидов и разведенной в 16 раз пробы добавляли  $0,6 \text{ см}^3$   $0,05\text{M}$  боратного буфера ( $\text{pH} = 10,0$ ). Данный буфер необходим для коррекции  $\text{pH}$  пробы до 9. Среда с таким  $\text{pH}$  является оптимальной для протекания реакции дериватизации с ФМОС-Cl. В случае кислого или нейтрального  $\text{pH}$  пробы молекулы соляной кислоты, образовавшиеся в процессе реакции дериватизации, будут связываться с еще не прореагировавшими вторичными аминными группами глифосата, что приведет к уменьшению количества флуоресцирующих производных глифосата и как итог — к искажению концентрационных значений глифосата в пробе [5].

Далее к пробам нами было добавлено  $0,5 \text{ см}^3$  ФМОС-Cl. Смесь интенсивно перемешали и оставили на 30 мин при комнатной температуре для протекания реакции дериватизации глифосата, потом добавили  $0,06 \text{ см}^3$  муравьиной кислоты. Данная кислота создает кислые условия ( $\text{pH}$  смеси около 3), в которых дериват глифосат-ФМОС остается стабильным.

Нами использовался ацетонитрильный раствор ФМОС-Cl в концентрации  $1 \text{ мг/дм}^3$ . ФМОС-Cl хорошо растворим в ацетонитриле, но не растворим в воде, хотя с водой легко взаимодействует с образованием ФМОС-ОН. Помимо воды ФМОС-Cl может вступать во взаимодействие и с другими компонентами матрицы, имеющими первичные и вторичные аминные группы. Вследствие этого следует брать ФМОС-Cl с большим избытком по сравнению с возможным содержанием глифосата в пробе. В зависимости от матрицы концентрация ФМОС-Cl в ацетонитрильном растворе может быть  $1\text{--}28 \text{ г/дм}^3$ . Американские ученые [4], разработавшие методику определения глифосата в молоке методом жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией, использовали ФМОС-Cl в концентрации  $1,5 \text{ г/дм}^3$  и показали, что в молоке 93% ФМОС-Cl связывается с молекулами воды, поэтому установление подходящей концентрации ацетонитрильного раствора ФМОС-Cl — один из важнейших этапов в процессе разработки методики определения остаточных количеств глифосата в любых матрицах. Раствор ФМОС-Cl постоянно должен быть свежим, использовать его можно через 30 мин после приготовления, т. к. с течением времени растворенный в ацетонитриле ФМОС-Cl теряет свою флуоресцирующую способность.

После окончания реакции дериватизации необходимо удалить ФМОС-Cl, не вступивший в реакцию. С этой целью к реакционной смеси добавляют различные органические растворители — диэтиловый эфир, этилацетат, дихлорметан. Некоторые методики определения остаточных количеств глифосата в сложных матрицах, разработанные для ВЭЖХ с масс-спектрометрической детекцией, не требуют удаления избытка ФМОС-Cl [4]. В нашей методике этот этап является обязательным. К реакционной смеси, содержащей  $0,3 \text{ см}^3$  пробы,  $0,6 \text{ см}^3$  боратного буфера,  $0,5 \text{ см}^3$  ФМОС-Cl и  $0,06 \text{ см}^3$  муравьиной

кислоты, был добавлен 1 см<sup>3</sup> дихлорметана (объемное соотношение «ФМОС-Cl : дихлорметан = 1:2»), как описано авторами [6]. Смесь интенсивно встряхивали в течение 3 мин и центрифугировали при 3000 об./мин в течение 5 мин при комнатной температуре. Смесь разделилась на 2 фазы: нижняя содержала дихлорметан с ацетонитриловым раствором ФМОС-Cl (1,5 см<sup>3</sup>), верхняя — пробу, растворенную в боратном буфере и муравьиной кислоте (0,96 см<sup>3</sup>). Аликвоту объемом 0,5 см<sup>3</sup> переносили в хроматографическую вialу из темного стекла и хранили в холодильнике. По данным Druart C. и соавт. [7], дериваты глифосата с ФМОС-Cl стабильны как минимум в течение 10 дней.

Всю процедуру пробоподготовки молока и реакцию дериватизации глифосата проводили исключительно в полипропиленовых пробирках (объемом 10 см<sup>3</sup>). Это связано с тем, что молекула глифосата содержит фосфоновую группу, которая, как и фосфатная, связывается в pH-зависимой манере со свободными отрицательно заряженными силанольными группами стекла. При использовании стеклянной посуды нужно проводить ее силанизирование раствором диметилдихлоридсилана.

Полученные дериваты глифосат-ФМОС анализировали ВЭЖХ с детектированием флуоресценции по вышеописанным условиям. Одна из полученных хроматограмм представлена на рисунке 2.

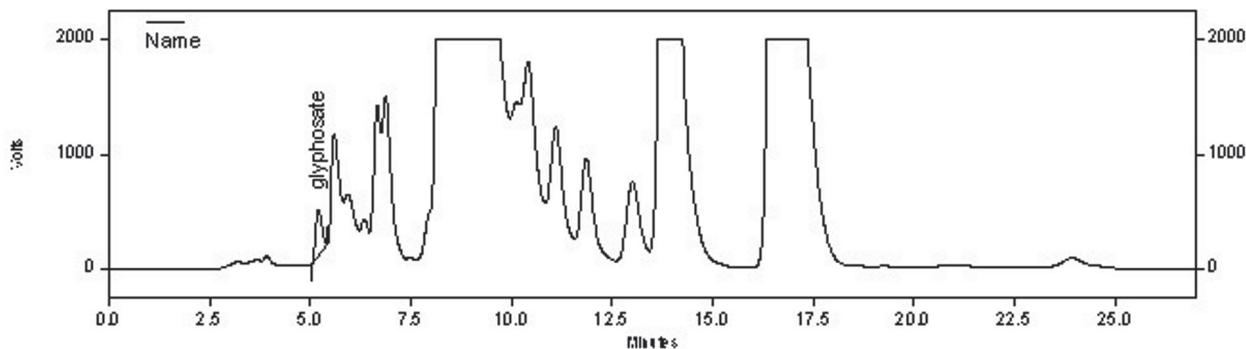


Рисунок 2. — Хроматограмма пробы молока с 0,025 мкг/см<sup>3</sup> глифосата, полученная при использовании изократического режима элюирования

Использование изократического режима элюирования при хроматографировании пробы молока позволило отделить пик, соответствующий глифосату, от сопутствующих примесей, чего не удавалось при градиентном режиме элюирования той же смесью 0,01М калий-фосфатного буфера (pH = 5,8) (А) с ацетонитрилом (Б) (с 0 по 10 мин — А:Б — от 70:30 до 30:70 (o/o); с 10 по 20 мин — А:Б — от 30:70 до 70:30 (o/o), с 21 по 27 мин — стабилизирование колонки смесью А:Б в объемном соотношении 70:30 соответственно).

**Заключение.** Таким образом, нами установлены следующие условия подготовки проб питьевого коровьего молока при определении остаточных количеств глифосата с использованием ВЭЖХ с флуоресцентным детектором:

- подкисление проб соляной кислотой для гидролиза конъюгатов глифосата с компонентами матрицы;
- освобождение проб от белков добавлением ацетонитрила в объемном соотношении «проба : ацетонитрил = 1:2»;
- освобождение проб от липидов добавлением дихлорметана в объемном соотношении «ацетонитрил : дихлорметан = 2:1»;
- использование центрифугирования (3000 об./мин) вместо фильтрования для удаления образовавшихся нерастворимых частиц;
- разбавление проб в 16 раз для снятия эффекта матрицы;
- соблюдение оптимальных условий проведения реакции дериватизации глифосата с флуоресцирующим реагентом ФМОС-Cl (свежеприготовленный 1 мг/дм<sup>3</sup> раствор, pH реакционной среды 9,0, объемное соотношение «проба : ФМОС-Cl = 3:5», создание кислого pH по завершению реакции, удаление не вступившего в реакцию ФМОС-Cl).

Предлагаемая нами методика определения остаточных количеств глифосата в молоке с использованием ВЭЖХ с флуоресцентным детектором позволяет детектировать 25 нг глифосата в см<sup>3</sup> пробы.

#### Литература

1. Glyphosat in Muttermilch // Website of the Green Parliamentary Group in the German Bundestag [Electronic resource]. — Mode of access: [www.gruene-bundestag.de/?id=4396067](http://www.gruene-bundestag.de/?id=4396067). — Date of access: 20.07.2016.
2. Gillam, C. Fears over Roundup herbicide residues prompt private testing / C. Gillam // Website of the Reuters [Electronic resource]. — Mode of access: [www.reuters.com/article/us-food-agriculture-glyphosate-idUSKBN0N029H20150410](http://www.reuters.com/article/us-food-agriculture-glyphosate-idUSKBN0N029H20150410). — Date of access: 20.07.2016.
3. Кузнецова, Е.М. Методы определения глифосата в сельскохозяйственном и продовольственном сырье и продуктах питания / Е.М. Кузнецова, А.П. Гринько, В.Д. Чмиль // Пробл. харчування. — 2008. — № 3–4. — С. 55–68.
4. Ehling, S. Analysis of Glyphosate and Aminomethylphosphonic Acid in Nutritional Ingredients and Milk by Derivatization with Fluorenylmethoxycarbonyl Chloride and Liquid Chromatography-Mass Spectrometry / S. Ehling, T.M. Reddy // J. Agric. Food Chem. — 2015. — Vol. 63, № 48. — P. 10562–10568.
5. Rapid method for determination of glyphosate in groundwater using high performance liquid chromatography and solid-phase extraction after derivatization/ V.E. Olivo [et al.] // Ambiente & Água — An Interdisciplinary Journal of Applied Science. — 2015. — Vol. 10, № 2. — P. 286–297.
6. Lai, F. Matrix effects in the derivatization of amino acids with 9-fluorenylmethyl chloroformate and phenylisothiocyanate / F. Lai, A. Mayer, T. Sheehan // Biotechniques. — 1991. — Vol. 11, № 2. — P. 236–244.
7. Optimization of extraction procedure and chromatographic separation of glyphosate, glufosinate and aminomethylphosphonic acid in soil / C. Druart [et al.] // An. Bioanal. Chem. — 2011. — Vol. 399, № 4. — P. 1725–1732.

## CONDITIONS OF SAMPLE PREPARATION AT THE GLYPHOSATE RESIDUE DETERMINATION IN MILK BY THE HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY METHOD WITH FLUORESCENCE DETECTION

*Kuzovkova A.A.<sup>1</sup>, Novitskaya T.V.<sup>1</sup>, Filonov V.P.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus;*

<sup>2</sup>*Scientific-research Administration of the Closed Joint-Stock Company "BelAseptika", Minsk, Republic of Belarus*

The conditions of sample preparation at the glyphosate residue determination in cow's drinking milk by the high-performance liquid chromatography (HPLC) method with the fluorescence detection have been estimated. The conditions include sample acidification by chlorhydric acid for hydrolysis of the glyphosate conjugates with matrix components, deproteinization by acetonitrile and lipid removal by dichloromethane, use of centrifugation for formed insoluble particle removal, sample dilution for matrix effect removal, compliance with the optimal conditions of the glyphosate derivatization reaction with the fluor reagent fluorenylmethyloxycarbonyl chloride (FMOC-Cl). It's possible to determine 25 ng glyphosate in 1 ml sample by the proposed method.

**Keywords:** glyphosate, milk, high performance liquid chromatography, fluorescence detection.

Поступила 19.07.2016

### СПОСОБ ОЧИСТКИ ЭКСТРАКТА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АФЛАТОКСИНА M<sub>1</sub> В МОЛОКЕ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ МЕТОДОМ ВЭЖХ

*Федорова Т.А., Бельшьева Л.Л., Шуляковская О.В.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Изучено применение метода твердофазной экстракции (ТФЭ) для очистки экстрактов при определении афлатоксина M<sub>1</sub> в молоке и молочных продуктах. Установлено, что очистку экстрактов следует проводить на сорбентах на основе силикагеля с привитыми модифицированными октадецильными группами (Chromobond C<sub>18</sub> ec). Показано, что лучшим элюентом является метанол. Степень извлечения афлатоксина M<sub>1</sub> из проб молока и молочных продуктов составляла 83%.

**Ключевые слова:** афлатоксин M<sub>1</sub>, твердофазная экстракция, очистка, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, молоко, молочные продукты.

**Введение.** Афлатоксины представляют собой токсины, продуцируемые микроскопическими грибами *Aspergillus flavus*, и обладают высокой токсичностью. В естественных условиях афлатоксины загрязняют арахис, кукурузу, зерновые культуры, бобы какао и ряд других пищевых продуктов, а также корма сельскохозяйственных животных. Биологическая активность афлатоксинов проявляется как в виде острого токсического эффекта, так и отдаленных последствий — канцерогенного и мутагенного. Острое токсическое действие афлатоксинов связано с тем, что они являются одними из наиболее сильных ядов, органом-мишенью которых является печень. Особенно опасны афлатоксины для детей, поскольку резко угнетают их рост, физическое и умственное развитие, снижают устойчивость к инфекционным заболеваниям. Афлатоксин M<sub>1</sub> является метаболитом афлатоксина B<sub>1</sub> и обнаруживается в молоке и молочных продуктах. Высокий уровень загрязнения кормов афлатоксином B<sub>1</sub> может стать причиной накопления афлатоксина M<sub>1</sub> в коровьем молоке [1].

В связи с этим необходимо контролировать содержание афлатоксина M<sub>1</sub> в продуктах питания. Для этого требуются высокочувствительные и экспрессные методики его определения.

В настоящее время в Республике Беларусь для определения афлатоксина M<sub>1</sub> в продуктах питания применяются соответствующие методики [2, 3]. Лимитирующими стадиями пробоподготовки по данным методикам являются экстракция афлатоксина M<sub>1</sub> из пищевой матрицы и очистка экстракта. В качестве экстрагента применяются органические растворители в присутствии солевых растворов, а для очистки экстракта от мешающих веществ используется колоночная хроматография.

Вышеуказанный метод очистки экстракта является трудоемким, малоэффективным, требует большого количества расхода органических растворителей (бензол, толуол, ацетон, гексан, этилацетат) и не обеспечивает получение экстракта необходимой чистоты. Анализ литературных данных показал, что наиболее эффективным и экспрессным является способ очистки методом ТФЭ [4, 5].

**Цель работы** — разработка условий очистки экстрактов афлатоксина M<sub>1</sub> методом ТФЭ.

**Материалы и методы.** Для разработки условий очистки афлатоксина M<sub>1</sub> на картриджах для ТФЭ использовались модельные растворы — метанольные растворы стандарта афлатоксина M<sub>1</sub> концентрацией 0,0066 мкг/см<sup>3</sup>, а также молоко и бифидин.

Стандартные растворы афлатоксина M<sub>1</sub> готовились из ампулы ГСО с концентрацией 0,33 мкг/см<sup>3</sup>.

Очистка экстрактов и концентрирование афлатоксина M<sub>1</sub> изучалась на картриджах для ТФЭ: Chromobond C<sub>18</sub> ec 500 мг, Chromobond SiOH 500 мг, Bakerbond spe 500 мг.

Подготовка картриджей осуществлялась согласно инструкции производителя по схеме. В установку для ТФЭ помещался картридж, включался насос, с помощью крана и секундомера устанавливалась скорость элюирования 0,5–1,0 см<sup>3</sup>/мин. Пропускалось через поверхность сорбента 5 см<sup>3</sup> метанола, а затем 5 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

В качестве элюента согласно литературным данным выбраны следующие растворители: ацетон-дихлорметан (5:95), ацетонитрил-вода-уксусная кислота (70:30:1) и метанол.

Полученные экстракты после ТФЭ подвергались дериватизации путем обработки смесью вода-трифторуксусная кислота-уксусная кислота (7:2:1) при температуре 55°C в течение 30 мин.

Исследования проводились на жидкостном хроматографе «Agilent 1200», оснащенный флуоресцентным детектором при следующих условиях хроматографирования:

- колонка из нержавеющей стали Zorbax Eclipse XDB — C<sub>18</sub> (150 мм × 4,6 мм × 5 мкм);
- подвижная фаза для ВЭЖХ;
- скорость элюирования — 0,5 см<sup>3</sup>/мин;
- температура колонки — 30°C;
- длина волны возбуждения — 360 нм;

- длина волны эмиссии — 440 нм;
- объем вводимой пробы — 20 мкл.

Количественное определение афлатоксина М<sub>1</sub> проводилось методом абсолютной калибровки в диапазоне концентраций 0,02–10,0 мкг/кг продукта.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице представлены результаты исследований очистки модельных растворов афлатоксина М<sub>1</sub> на различных картриджах для ТФЭ разными элюентами.

Таблица — Степень извлечения афлатоксина М<sub>1</sub> на различных картриджах разными элюентами

Элюент	Степень извлечения, %		
	Bakerbond spe	Chromobond C <sub>18</sub> ec	Chromobond SiOH
Ацетон-дихлорметан (5:95)	30,3	59,1	34,5
Ацетонитрил-вода-уксусная кислота (70:30:1)	62,1	66,7	60,8
Метанол	78,8	90,3	66,4

Как видно из таблицы, наиболее низкая степень извлечения афлатоксина М<sub>1</sub> выявлена при элюировании его смесью ацетон-дихлорметан (5:95) — от 30,3 (Bakerbond spe) до 59,1% (Chromobond C<sub>18</sub> ec). Более высокие значения степени извлечения наблюдались при использовании в качестве элюента смеси растворителей ацетонитрил-вода-уксусная кислота (70:30:1) и составляли 60,8–66,7%. Максимальная степень извлечения афлатоксина М<sub>1</sub> 90,3% достигнута при очистке экстрактов на картриджах Chromobond C<sub>18</sub> ec и элюировании афлатоксина М<sub>1</sub> метанолом.

Данный способ очистки опробован на пробах молока с внесением афлатоксина М<sub>1</sub> 0,00015 мг/кг и кислых молочных продуктах (бифидин) с внесением афлатоксина М<sub>1</sub> 0,00005 мг/кг.

Пробоподготовка молока и кислых молочных продуктов осуществляется следующим образом. Навеска продукта (10,0±0,1) г помещается в центрифужную пробирку вместимостью 50 см<sup>3</sup>, добавляется 10 см<sup>3</sup> смешанного раствора 20% раствора хлорида натрия и 2,4% раствора лимонной кислоты и 30 см<sup>3</sup> хлороформа. Содержимое перемешивается и помещается на водяную баню на 2–3 мин при температуре 36–38°С. Далее пробирки помещаются в центрифугу и центрифугируются со скоростью 5000 об./мин в течение 10 мин, после чего верхний водный слой отбрасывается. Хлороформный экстракт фильтруется через бумажный фильтр с осушителем сульфатом натрия в колбу для упаривания. Полученный экстракт упаривается досуха на ротационном испарителе. Сухой остаток растворяют в 5 см<sup>3</sup> метанола. Далее проводится очистка с помощью ТФЭ.

Через подготовленный картридж пропускается 5 см<sup>3</sup> экстракта. Далее картридж промывается 5 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и высушивается под вакуумом в течение 1–2 мин. Элюирование афлатоксина М<sub>1</sub> проводится 5 см<sup>3</sup> метанола, элюат собирается в пробирку с притертой пробкой.

Полученный элюат упаривается досуха в этой же пробирке на аналитическом испарителе при температуре 40–50°С.

Полученный сухой остаток растворяется в 1 см<sup>3</sup> метанола. В виалу отбирается 250 мкл метанольного раствора, добавляется 750 мкл смеси вода-трифторуксусная кислота-уксусная кислота (7:2:1) и содержимое виалы выдерживается при 55°С в течение 30 мин на водяной бане, затем охлаждается до комнатной температуры. Если наблюдается помутнение раствора, проводится центрифугирование в течение 10 мин со скоростью 10000 об./мин, затем отбирается прозрачная надосадочная жидкость. Полученный раствор используют для дальнейшего ВЭЖХ-анализа.

На рисунках 1, 2 представлены хроматограммы молока-сырья и бифидина для детского питания с внесением афлатоксина М<sub>1</sub>.

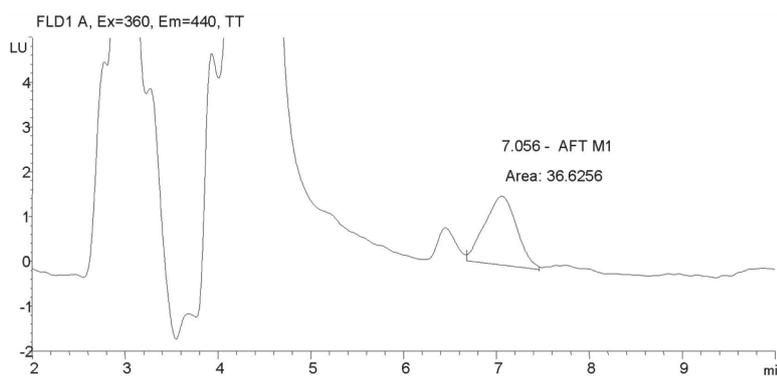


Рисунок 1. — Хроматограмма молока-сырья с внесением афлатоксина М<sub>1</sub> 0,00015 мг/кг

Из рисунков 1, 2 видно, что пробы после очистки на картриджах для ТФЭ достаточно чистые, пики афлатоксина М<sub>1</sub> четкие, хорошо отделяются от других пиков, что позволяет проводить анализ и определение афлатоксина М<sub>1</sub> в молочных продуктах с чувствительностью 0,00002 мг/кг, удовлетворяющей санитарно-гигиеническим требованиям [6].

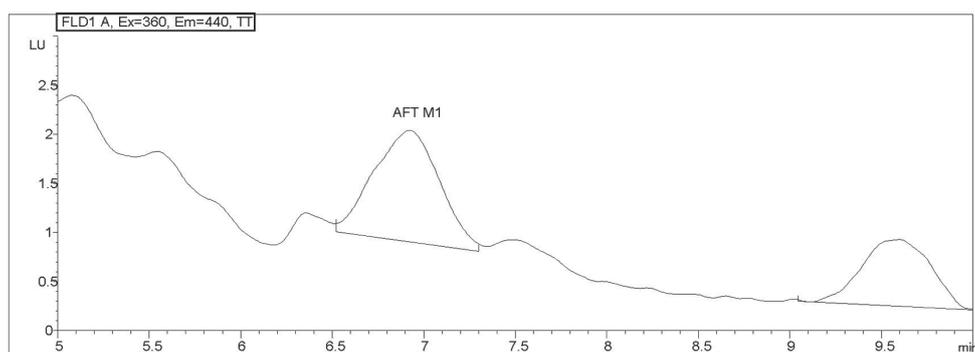


Рисунок 2. — Хроматограмма бифидина для детского питания с внесением афлатоксина М<sub>1</sub> 0,00005 мг/кг

Степень извлечения афлатоксина М<sub>1</sub> из молочных продуктов составляет 83%.

**Заключение.** Таким образом, в результате исследований установлено, что очистку экстракта афлатоксина М<sub>1</sub> из молока и молочных продуктов следует проводить на картридже Chromobond C<sub>18</sub> ec, а оптимальным элюентом для элюирования афлатоксина М<sub>1</sub> является метанол. При этом степень извлечения афлатоксина М<sub>1</sub> из модельных растворов составляет 90%, а для проб молока и молочных продуктов — 83%.

#### Литература

1. Кравченко, Л.В. Биобезопасность. Микотоксины — природные контаминанты пищи / Л.В. Кравченко, В.А. Тутельян // Вопр. питания. — 2005. — Т. 74, № 3. — С. 3–13.
2. ГОСТ 30711-2001. Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В<sub>1</sub> и М<sub>1</sub>. — Введ. 01.01.2003. — Минск: БелГИСС, 2002. — 13 с.
3. Методические указания по обнаружению, идентификации и определению содержания афлатоксинов в продовольственном сырье и пищевых продуктах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии № 4082-86: утв. 20.03.1986 [Электронный ресурс] / ИПС «Стандарт». — Режим доступа: [www.ips3.belgiss.by](http://www.ips3.belgiss.by). — Дата доступа: 21.05.2016.
4. Komarova, N.V. Determination of Aflatoxin M<sub>1</sub> in Milk using Solid-Phase Extraction and High-Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection / N.V. Komarova // J. Analyt. Chem. — 2000. — Vol. 55. — P. 929–932.
5. Wang, Y. HPLC determination of aflatoxin M<sub>1</sub> in liquid milk and milk powder using solid phase extraction on OASIS HLB / Y. Wang [et al.] // J. Food Control. — 2012. — Vol. 28. — P. 131–134.
6. СанПиН. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21.06.2013 № 52. — Минск, 2013. — 252 с.

### METHOD OF EXTRACT PURIFICATION FOR AFLATOXIN M<sub>1</sub> DETERMINATION IN MILK AND MILK PRODUCTS BY HPLC

*Fiodorova T.A., Belysheva L.L., Shulyakovskaya O.V.*

*Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The application of the solid-phase extraction method of extract purification for aflatoxin M<sub>1</sub> determination in milk and milk products has been studied. It was found that the extract purification should be carried out on sorbents based on a silica gel with vaccinated modified octadecyl groups (Chromobond C<sub>18</sub> ec). It was shown that methanol is the best eluent.

**Keywords:** aflatoxin M<sub>1</sub>, solid phase extraction, purification, high performance liquid chromatography, milk, milk products.

Поступила 19.07.2016

### ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ (НА ПРИМЕРЕ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ «ЗДОРОВЬЕ НАЦИИ»)

*Сердюк А.М., Коблянская А.В., Склярченко Е.А.*

*Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины», Киев, Украина*

**Реферат.** Необходимость детального изучения государственного планирования в Украине в области здравоохранения, основой которого должны стать государственные целевые программы, реализующие цели и задачи государственной политики Украины, определяет значимость проблемы. Представлен анализ основных законодательных документов в области государственных целевых программ на примере Межотраслевой комплексной программы «Здоровье нации» на 2002–2011 гг. как одной из наиболее масштабной за время независимости Украины, в основу которой положены принципы ВОЗ. Детально показаны результаты реализации научной части программы, отражены значимость и основные недостатки программы. Установлено, что главным направлением государственной политики по охране здоровья должно стать обеспечение ее целостности за счет единых подходов к планированию.

**Ключевые слова:** государственные программы, программно-целевое планирование, целевые ориентиры, индикаторы, мониторинг, оценка выполнения.

**Введение.** Экономическое развитие Украины требует использования на практике широкого набора различных инструментов государственного управления, одним из которых является программно-целевой подход в планировании и управлении социально-экономическими объектами и процессами. Государственная политика в сфере здравоохранения направлена на повышение уровня здоровья, улучшение качества жизни и сохранения генофонда украинского народа, а ее реализация требует осуществления комплекса государственных и отраслевых мероприятий. Именно последние должны предусматривать разработку государственных целевых программ охраны здоровья населения. Актуальность проблемы связана с необходимостью детального изучения государственного планирования в области здравоохранения Украины и создания собственных разработок для оптимизации государственного управления в системе охраны здоровья.

**Цель работы** — определение основных условий программно-целевого планирования в разработке и внедрении государственных целевых программ, направленных на реализацию государственной политики по здравоохранению в Украине.

**Материалы и методы.** Анализ законодательных актов и нормативно-методических материалов в области здравоохранения Украины, материалов ВОЗ и других международных организаций, мониторинг выполнения государственных целевых программ по здравоохранению.

**Результаты и их обсуждение.** Термин «государственная политика по охране здоровья», по определению отечественных исследователей, а также учитывая рекомендации ВОЗ, — это комплекс принятых общегосударственных решений, обязательных по сохранению и укреплению физического и психического здоровья и социального благополучия населения государства как важнейшей составляющей ее национального богатства путем реализации совокупности политических, организационных, экономических, правовых, социальных, научных, медицинских мероприятий с целью сохранения общественного здоровья [4, 6]. Показателем эффективности государственной политики в сфере здравоохранения является социальное благополучие и здоровье населения Украины. Выполнение государственной политики и реализация обоснованных мероприятий происходит через разработку и внедрение государственных программ, направленных на сохранение и улучшение состояния здоровья, увеличение средней продолжительности качественной жизни граждан Украины.

Государственная целевая программа — это комплекс взаимосвязанных задач и мероприятий, направленных на решение важнейших проблем развития государства, отдельных отраслей экономики или административно-территориальных единиц, которые осуществляются с использованием средств государственного бюджета Украины и согласованы по срокам выполнения, составом исполнителей, ресурсным обеспечением [1, 2]. Здравоохранение по праву является одним из основных секторов экономики, большим двигателем науки и технологий, поэтому государственная целевая программа — это инструмент государственного регулирования экономики, обеспечивающий достижение перспективных целей и задач путем использования имеющихся ресурсов.

Согласно материалам законодательных актов, утвержденных в Украине, «Государственные целевые программы охватывают всю территорию государства или значительное количество его регионов, имеют долгосрочный период выполнения и осуществляются центральными и местными органами исполнительной власти», определяется совокупность условий для внедрения Государственных целевых программ [1, 2] и распределение их по своей направленности (экономические, научные, научно-технические, социальные, национально-культурные, экологические, оборонные, правоохранительные) [2, 3].

Важной составляющей программно-целевого метода является составление бюджета, а также анализ, оценка и контроль выполнения программы. Преимуществами программно-целевого метода решения сложных комплексных проблем развития страны является единство методических подходов для достижения поставленной цели; способность концентрировать необходимые ресурсы на решение главных вопросов, от которых зависит поступательное развитие экономики и рост жизненного уровня населения, укрепления его здоровья, снижения заболеваемости, смертности и др.; способность привлечь значительные дополнительные ресурсы; высокая прозрачность и контролируемость.

Необходим также аудит эффективности бюджетных программ для выяснения: 1) являются ли эффективными и результативными методы воздействия государственных структур в общественных преобразованиях (а если нет, то почему); 2) являются ли эффективными и результативными государственные программы (а если нет, то почему); 3) можно ли улучшить эффективность и результативность государственных программ и методов деятельности государственных структур в общественных преобразованиях (и если возможно, то каким образом это сделать) [2–4].

Для оценки результативности выполнения программы и реализации мероприятий применяют наборы индикаторов (показателей) — средств, с помощью которых осуществляется мониторинг и определяется уровень прогресса по выполне-

нию отдельных задач программы, достижение ожидаемых результатов (краткосрочных и среднесрочных) и т. д. Для нужд мониторинга применяют различные типы индикаторов, а именно: прямые и косвенные, количественные (статистические), качественные, промежуточные индикаторы и индикаторы конечных результатов программы. При отборе индикаторов обязательно применяется ряд критериев: соответствие; чувствительность; простота и доступность; надежность; практичность; объективность; дешевизна; представительство; политическая уместность, обоснованность, измеримость [1, 2, 4].

В Украине к основным документам, которые направлены на разработку и внедрение государственных целевых программ, относятся: Закон Украины «О государственных целевых программах» (Ведомости Верховной Рады Украины, 2004, № 25, ст. 352), который определяет основы разработки, утверждение и выполнение государственных целевых программ; постановление Кабинета Министров Украины «Об утверждении Порядка разработки и выполнения государственных целевых программ» от 31 января 2007 г. № 106; приказ Министерства экономики Украины «Об утверждении Порядка учета государственных целевых программ» от 31 июля 2007 № 250; приказ Министерства образования и науки Украины от 24 июля 2006 г. № 555 «О государственной экспертизе ГЦНТП».

В условиях реформирования системы здравоохранения роль государственных целевых программ состоит в стимулировании и развитии моделей охраны и укрепления здоровья в направлении эффективного решения задач оптимизации профилактических мероприятий и их широкого внедрения в реальную практику системы общественного здоровья.

В Украине с 1992 г. принято более 45 государственных программ, из них Национальной академией медицинских наук выполнялось 25 государственных целевых программ и 4 программы комплексных мероприятий, благодаря которым удалось достичь определенного уровня некоторых показателей общественного здоровья. Основными программами являются: «Здоровье нации»; «Дети Украины»; «Сахарный диабет»; «Профилактика и лечение артериальной гипертензии»; «Репродуктивное здоровье»; «Поощрение рождаемости»; «Концепция безопасного материнства»; «Профилактика ВИЧ-инфекции/СПИДа»; «Борьба с заболеваемостью туберкулезом»; «Развитие донорства крови и ее компонентов»; «Онкология»; «Социально-медицинское обеспечение ветеранов и инвалидов войны»; «Иммунопрофилактика населения»; «Профилактика и лечение стоматологических заболеваний»; «Развитие государственной службы медицины катастроф»; «Профилактика йодной недостаточности у населения»; «Борьба с распространением наркомании»; «Развитие трансплантации органов и других анатомических материалов человека». Существенное место среди всех государственных программ занимает Межотраслевая комплексная программа «Здоровье нации» на 2002–2011 гг.

Межотраслевая комплексная программа «Здоровье нации» на 2002–2011 гг. была утверждена постановлением Кабинета Министров Украины № 14 от 10.01.2002. В Украине впервые осуществлялась такая масштабная программа, к реализации которой были привлечены министерства Украины, Национальная академия наук, Национальные академии медицинских и педагогических наук, государственные комитеты и т. д. [5].

В основу Межотраслевой комплексной программы «Здоровье нации» на 2002–2011 гг. положены принципы ВОЗ в соответствии с принятым на 51-й сессии Всемирной Ассамблеи здравоохранения в мае 1998 г. документа «Политика достижения здоровья для всех в XXI веке» (ЗДВ-21), в котором обозначены глобальные приоритеты и основные задачи, которые должны обеспечить во всем мире возможности достижения и поддержания высокого уровня здоровья в течение всего жизненного цикла [6]. При составлении перечня мероприятий и целевых индикаторов в программе использовались рекомендации ЕРБ ВОЗ в рамках стратегии ЗДВ-21, а также собственный опыт научных исследований [5].

Ввиду отсутствия существенных результатов реформирования отечественного здравоохранения следует тщательно пересмотреть и проанализировать ранее разработанные и утвержденные концепции, программы, планы реформирования отрасли. В качестве примера была взята Межотраслевая комплексная программа «Здоровье нации» на 2002–2011 гг. Это самый наглядный пример того, как важно применять научные подходы к планированию и разработке целевых программ, тем более, когда это касается здоровья человека.

Значимость Программы заключается в том, что она направлена на улучшение состояния здоровья населения Украины, а общим и наиболее существенным недостатком программы является недостаточность ее целевого финансирования из государственного бюджета, значительное количество разделов и направлений.

Для мониторинга выполнения мероприятий Программы проведено структурирование сферы функционирования системы здравоохранения, которое предусматривает методологическое единство ее составляющих, представленных в ее разделах: 1) государственная политика в сфере здравоохранения; 2) здоровье различных слоев населения; 3) заболеваемость населения наиболее распространенными заболеваниями; 4) организация медицинской и социальной помощи; 5) финансовые, кадровые, медикаментозные и технические ресурсы здравоохранения; 6) деятельность санитарно-эпидемиологической службы; 7) профилактическая направленность и формирование здорового образа жизни; 8) информатизация и научное обеспечение здравоохранения [5]. Также применялись различные типы индикаторов, рекомендованные Европейским региональным бюро ВОЗ (ЕРБ ВОЗ) в рамках стратегии «Здоровье для всех» [5, 6].

Главным учреждением в реализации научной части программы «Здоровье нации» было назначено Государственное учреждение «Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины» (ИГМЭ НАМНУ), сейчас Государственное учреждение «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины» (ИОЗ НАМНУ), на базе которого был создан Координационный совет. Его основной функцией являлось определение качества научных работ, контроль выполнения задач, экспертная оценка, утверждение бюджета и его распределение. В течение срока выполнения Программы было проведено более 15 заседаний; дана экспертная оценка около 300 проектам научно-исследовательских работ (НИР); отобрано 86 НИР на конкурсной основе, каждая работа выполнялась в течение 3 лет; было проведено обсуждение и утверждение результатов научных отчетов и отчетов в Кабинет Министров, Министерство финансов, Министерство образования и науки Украины в соответствии с законодательными документами. На Национальную академию медицинских наук Украины (НАМН Украины) было возложено 49–57% всех задач Программы, в которой принимали участие 23 научно-исследовательских учреждения, подчиненные НАМН Украины. Выполнялись научно-исследовательские работы по изучению состояния здоровья и образа жизни детей и молодежи — 31, ортопедия — 4; информационные технологии — 3; стандарты медицинской помощи и образования — 1; инфекционные болезни — 1; реаниматология — 1; наследственная и врожденная патология — 1; неврология — 1; гемато-

логия — 3 и т. д.; по вопросам профилактики и лечения основных неинфекционных заболеваний — около 40 исследовательских работ: онкология — 7, кардиология — 6, психиатрия — 16, гастроэнтерология — 4, оценок влияния факторов риска на здоровье — 30.

Основными критериями при оценке проектов НИР были: 1) соответствие направлениям программы; 2) новизна избранного проекта; 3) реальность достижения целей и результатов, возможность технологической реализации; 4) наличие научного задела по заявленной тематике; 5) соответствие заявки современному состоянию и перспективам развития научно-технического комплекса страны; 6) научно-технический уровень исследования; 7) патентоспособность результатов работ; 8) обоснованность объема финансовых затрат; 9) наличие оборудования, необходимого для выполнения проектов; социальная значимость работы; 10) научная квалификация коллектива исполнителей; 11) наличие в плане научных исследований и разработок, способствующих повышению качества жизни, созданию современных технологий. Также проводилась оценка отчетов выполнения НИР, основными критериями при этом являлись: научно-технический уровень работы, социальная, медицинская, экономическая эффективность, соответствие запланированных бюджетных средств объему выполненной работы, возможность масштабного внедрения результатов [3, 4].

Анализ выполнения научной части Межотраслевой комплексной программы «Здоровье нации» на 2002–2011 гг. специалистами учреждений НАМН Украины показал следующее: было разработано и внедрено 30 стандартов оказания медицинской помощи; 9 ГСанПиН; 58 методических рекомендаций по вопросам диагностики и лечения, 56 информационных писем; 95 патентов; 46 нововведений; 13 монографий и пособий; 1358 статей и тезисов в научных изданиях; 919 докладов; 16 программных продуктов и 118 баз данных и т. д., а при мониторинге по окончании выполнения НИР получено еще 10 патентов, выдано 7 методических рекомендаций, сделано 9 нововведений. Только за 2010 г. было получено 85 актов внедрения в учреждения здравоохранения. По результатам законченных НИР было выдано в 2007 и 2009 гг. 2 сборника научных трудов «Научные основы Межотраслевой комплексной программы "Здоровье нации"».

Основными условиями для выполнения программы ВОЗ «Достижение здоровья для всех в XXI веке» являются высокий уровень научных исследований в наиболее приоритетных направлениях медицинской науки и организации здравоохранения; формирование систем информационного обеспечения по основным задачам и направлениям, предусмотренных программой; наличие оптимальной управленческой структуры и системы подготовки медицинских кадров; развитие партнерства в деятельности различных служб и организаций для достижения целей стратегии [6].

Опираясь на опыт реализации предыдущих стратегий, в частности «Здоровье для всех», ВОЗ в 2012 г. разработала новую европейскую стратегию по охране здоровья. «Здоровье-2020» — это основа европейской политики и стратегии общественного здоровья XXI в., одобренная 53 европейскими государствами-членами ВОЗ на 62-й сессии Европейского регионального комитета ВОЗ (2012 г., Мальта). «Здоровье-2020» — это гибкое, «живое» руководство по вопросам политики и стратегий [7].

Украина является неотъемлемой частью европейского процесса борьбы с болезнями цивилизации, для предупреждения и контроля за неинфекционными заболеваниями в Стратегии устойчивого развития «Украина-2020» Указом Президента Украины от 12 января 2015 г. № 5/2015 в перечне реформ утверждены: реформа системы охраны здоровья; реформа в сфере обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов; реформа в сфере защиты прав потребителей; программа популяризации физической культуры и спорта; программа здорового образа жизни и долголетия. Для реализации принципов европейской политики в Украине был разработан проект Национального плана мероприятий по имплементации и реализации программы Европейского Союза «Европейская стратегия здоровья – 2020» по неинфекционным заболеваниям на период до 2020 г. как элемент государственного регулирования политики в области здравоохранения.

**Заключение.** Анализ законодательных нормативно-методологических материалов показал, что главным направлением государственной политики по охране здоровья должно стать обеспечение ее целостности за счет единых подходов к планированию. Основой планирования в системе здравоохранения должны стать государственные целевые программы, реализующие цели и задачи государственной политики Украины. Степень достижения целей и решения задач оценивается с помощью целевых индикаторов, для которых могут быть установлены предельные значения. Превышение (недостижение) таких предельных значений свидетельствует об эффективной (неэффективной) реализации государственной программы. Использование стратегического планирования в процессе реформирования позволит системе здравоохранения развиваться как социально-ориентированной отрасли, в которой меры и целевые ориентиры будут научно обоснованы, в соответствии с экономическими законами и потребностями общественного здоровья, включая эффективный менеджмент, научные исследования, разработку технологий, проектирование, производство, апробацию, сбыт и сервисные услуги, путем межведомственного сотрудничества с учетом региональной специфики и жизненно важных отраслевых потребностей. Препятствиями и барьерами для оптимального решения этого вопроса на сегодня остаются политические, организационные, социальные, ресурсные (человеческие и др.), финансово-экономические и другие факторы.

1. Лесная, П. Внедрение программно-целевого метода формирования бюджетов / П. Лесная // Финансы Украины. — 2004. — № 6. — С. 23–29.

2. Осипенко, Р. Теоретические основы совершенствования программно-целевого метода планирования расходов бюджета / Р. Осипенко // Финансы Украины. — 2004. — № 6. — С. 36–41.

3. Управление организацией: учебник / Под ред. А.Г. Поршнева [и др.]. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2003. — 716 с.

4. Государственная политика и экономика здравоохранения: практикум / М. Зелинский [и др.]; под общ. ред. И. Розпуненко, И. Солоненко. — М.: К.И.С., 2002. — 216 с.

5. Об утверждении Межотраслевой комплексной программы «Здоровье нации» на 2002-2011 годы : постановление Каб. Министров Украины от 10.01.2002 № 14 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/14-2002-%D0%BF>. — Дата доступа: 28.12.2015.

6. Здоровье-21: Основы политики достижения здоровья для всех в Европейском регионе ВОЗ: введение: пер. с англ. — Копенгаген, 1998. — 544 с. (Библиотечный каталог опубликованных данных ВОЗ. Европейская серия по достижению здоровья для всех).

7. Health 2020. A European policy framework and strategy for the 21st century / World Health Organization. — Copenhagen, 2013. — 190 p.

**STATE ADMINISTRATION IN HEALTH CARE SYSTEM IN UKRAINE  
(BY THE EXAMPLE OF INTER-BRANCH COMPREHENSIVE PROGRAM "HEALTH OF NATION")**

*Serdiuk A.M., Koblianska A.V., Skliarenko K.A.*

*State Institution "O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine",  
Kyiv, Ukraine*

The importance of the problem is connected with a necessity of a detailed study of state planning in the field of public health in Ukraine. We present the analysis of the main legislative documents in the sphere of state programs by the example of inter-branch comprehensive program "Health of Nation" for 2002–2011 as one of the most large-scale one, based on the principles of the WHO, during the time of the independence of Ukraine. The importance and the main shortcomings of the program are demonstrated. It was found that the guarantee of state policy integrity at the expense of the unified approaches to planning should become its main direction of the state policy in public health.

**Keywords:** state programs, program-target planning, target references, indicators, monitoring, evaluation of implementation.

Поступила 19.07.2016

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ  
«СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЕ» (2013–2015 гг.)**

*Сычик С.И., Шевчук Л.М., Ивко Н.А., Итпаева-Людчик С.Л.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены основные достижения научно-исследовательских работ по заданиям отраслевой научно-технической программы (ОНТП) «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» за 2013–2015 гг. Результаты научных исследований внесли существенный вклад в развитие проблем гигиены и токсикологии. Внедрение научно-технических разработок в практику обеспечит в перспективе достижение социального и экономического эффекта.

**Ключевые слова:** отраслевая научно-техническая программа (ОНТП), здоровьесбережение, гигиена, токсикология, научно-технические разработки, внедрение.

**Введение.** Здоровье населения является основным системообразующим фактором в обеспечении устойчивого социально-экономического развития. Основой для разработки научно-обоснованных мероприятий, направленных на предупреждение, минимизацию или исключение неблагоприятного воздействия на здоровье человека среды его обитания, своевременное и обоснованное принятие адекватных управленческих решений, является изучение неблагоприятно влияющих на здоровье факторов окружающей среды. Современные условия жизнедеятельности человека характеризуются глобальными изменениями состояния окружающей среды, стремительным техническим прогрессом, применением новых технологий, что приводит к формированию среды обитания человека, оказывающей на него существенное влияние и вызывающей напряжение процессов адаптации, а при длительном сверхпороговом воздействии — к развитию заболеваний, адекватных повреждающему действию факторов окружающей среды. «Предупреждение и минимизация последствий воздействия вредных факторов окружающей среды, определяющих неинфекционную заболеваемость» и «эпидемиология и мониторинг неинфекционных заболеваний» определены критическими технологиями в области профилактики заболеваний [1]. Комплекс мер, направленных на оздоровление окружающей среды в целях охраны здоровья человека, включен в Национальную стратегию устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. [2]. В указанном периоде чрезвычайное значение приобретают процессы, оказывающие прямое и опосредованное влияние на здоровье населения: природные и антропогенные воздействия; изменения условий экономической и хозяйственной деятельности, что влечет за собой существенное изменение контроля за состоянием окружающей среды и здоровьем, процессов нормирования вредных факторов жилой и производственной среды; изменения социальной среды и восприятия человеческого организмом воздействия окружающей среды. Основой в решении указанных проблем являются результаты, разработки и фундаментальные знания о взаимосвязи человека с окружающей средой, накопленные в результате выполнения государственных (ГНТП «Экологическая безопасность», 2001–2005 гг.) и отраслевых (ОНТП «Гигиеническая безопасность», 2001–2003 гг.; ОНТП «Гигиена и профилактика», 2004–2006 гг.; ОНТП «Медицинская экология и гигиена», 2007–2009 гг.; ОНТП «Здоровье и окружающая среда», 2010–2015 гг.) научно-технических программ. Это послужило основанием для разработки отраслевой научно-технической программы «Разработать и обосновать санитарно-эпидемиологические требования и мероприятия, обеспечивающие здоровьесбережение в изменяющихся и новых условиях жизнедеятельности человека» (ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение», 2013–2017 гг.).

ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» (Программа) включена в Перечень отраслевых научно-технических программ Министерства здравоохранения Республики Беларусь (МЗ РБ) по приоритетным направлениям научно-технической деятельности на 2013 г. и последующие годы, утвержденный МЗ РБ 16.03.2012. Программа согласована с Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ РБ) 24.02.2013 и утверждена приказом министра МЗ РБ 25.02.2013 № 214, которым республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены» (государственное предприятие «НПЦГ») определено головной организацией-исполнителем [3, 4]. Выполнение Программы осуществляется 6 научными организациями: 5 — МЗ РБ (государственное предприятие «НПЦГ», государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии», учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»); 1 — Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»).

ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» — составная программа, включает 37 заданий по разработке и освоению ряда инноваций [5]. Программа содержит научные разделы, охватывающие основные про-

блемы медицинской экологии, медицины труда, здоровьесбережения в области детей и подростков, питания населения и безопасности пищевых продуктов, профилактической токсикологии. Научно-исследовательские работы (НИР) по заданиям программы направлены на достижение одной цели: обосновать меры предотвращения/минимизации отрицательного воздействия изменяющихся условий жизнедеятельности и окружающей среды на популяционное и индивидуальное здоровье и достижения здоровьесбережения посредством управления качеством среды обитания человека. НИР по заданиям Программы закончились в 2015 г.

**Цель работы** — анализ и представление основных итогов научно-исследовательских работ заданий ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» за 2013–2015 гг.

**Материалы и методы.** В работе использованы постановления МЗ РБ, ГКНТ РБ, договора и отчеты о НИР по заданиям Программы. Применялись методы сбора и обработки информации, методы содержательного анализа информации (сравнения, анализа, обобщения).

**Результаты и их обсуждение.** Одну из наиболее актуальных проблем современной гигиены представляет комбинированное действие химических веществ (ХВ). До сих пор гигиеническое регламентирование ведется в основном по отдельным ХВ, хотя во внешней и производственной среде, как правило, имеет место их комбинированное действие. Впервые в Республике Беларусь на основе гигиенической оценки многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха разработаны гигиенические нормативы содержания ХВ в атмосферном воздухе с учетом эффектов суммации, метод расчета и оценки воздействия на здоровье населения многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха, что позволяет проводить реальную оценку его воздействия. Научно обоснованы критерии выбора приоритетных загрязняющих веществ для контроля в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны, выполнен сопоставительный анализ содержания твердых частиц общей фракции и дифференцированных по аэродинамическому диаметру в атмосферном воздухе. Использование на практике разработанного метода аналитического (лабораторного) контроля загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны позволит повысить достоверность информации о качестве атмосферного воздуха и безопасности для здоровья населения выбросов загрязнителей в атмосферный воздух.

Многокомпонентность, многофакторность и разнонаправленность воздействия физических факторов на человека в жилой среде определяют методические трудности комплексной оценки ее качества и требуют разработки новых методических подходов. Осуществлены комплексные исследования по гигиенической оценке качества воздуха внутренней среды помещений, которые позволили разработать методы гигиенической оценки риска для здоровья населения комплекса физических и биологических факторов внутренней среды помещений, установить ориентировочно безопасный уровень воздействия биологических загрязнителей внутренней среды помещений на организм человека. Использование разработок позволит проводить оценку потенциальных рисков качества жилой среды органами государственного санитарного надзора. В области гигиены жилой городской среды разработаны критерии комбинированного действия шума и вибрации, шума и низкочастотных электромагнитных полей на население. Предполагается, что их внедрение повысит эффективность контроля комбинированного воздействия физических факторов, приведет к снижению степени шумоопасности условий проживания населения до 2 баллов и снижению риска возникновения заболеваний до 9%. Разработана методология гигиенической оценки полной транспортной вибрации, позволяющая оценивать вибрацию интегральной величиной, характеризующей одновременное воздействие вибрации по трем осям ортогональной системы координат; научно обоснован гигиенический норматив полной транспортной вибрации (общей и локальной). Впервые проведено изучение характера комбинированного действия формальдегида, стирола и их смеси при различных дозах, концентрациях и путях поступления в организм экспериментальных животных. Разработаны модели по изучению характера комбинированного действия ХВ. Использование гигиенического норматива комбинированного действия формальдегида и стирола в воздухе рабочей зоны позволит за счет регламентирования одновременного содержания нескольких вредных ХВ снизить риск возникновения заболеваний работников, обусловленных воздействием вредных химических токсикантов, на 2–3%.

В области безопасного рекреационного использования водных ресурсов разработана и внедряется в практику методология оценки рисков при рекреационном использовании поверхностных водных объектов, организации питьевого водоснабжения на территории Республики Беларусь. Своевременность принятия решения о запрете на рекреационное водопользование снизит на 3–5% риск возникновения заболеваний, обусловленных микробиологическим фактором в этих водах. Идентифицированы и ранжированы основные потенциальные риски для подземных водозаборов с учетом сложившихся условий водопотребления в Республике Беларусь. Научно обоснованы подходы к корректировке размеров зон санитарной охраны (ЗСО) источников водоснабжения и основанные на оценке рисков критерии установления условий использования территории ЗСО для размещения объектов различного назначения; разработана методология оценки организации питьевого водоснабжения на территории Республики Беларусь.

Впервые научно обоснованы критерии обеспечения радиационной безопасности для новых отечественных видов источников ионизирующего излучения. В соответствии с разработанными требованиями к обеспечению радиационной безопасности с досмотровыми устройствами визуализации человека, использующими ионизирующее излучение, применение таких устройств ограничено и разрешено только с целью обеспечения национальной безопасности. Установлен запрет на бессистемное использование таких установок, вводится ограничение на облучение населения при досмотре. Так, установлена граничная доза облучения населения не более 10 мкЗв/год. После введения разработки по предварительным расчетам предотвращенный экономический ущерб составит более 1800000,0 долларов США в год. Разработана новая классификация радиоактивных отходов, мероприятия для поддержания системы готовности и реагирования на радиационные аварии с медицинскими источниками.

В области больницы гигиены определены требования к условиям содержания реанимационных и послеоперационных палат ожогового отделения, оптимальные показатели концентрации углекислого газа и микроклимата в палатах таких отделений, что позволит снизить риск возникновения послеожоговых пневмоний и развития сепсиса у пациентов на 30 и 20% соответственно. Одним из санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на профилактику внутрибольничной инфекции, является санитарная обработка поверхностей в помещениях организаций здравоохранения. Изучено влияние дезинфицирующих средств на устойчивость полимерных материалов и лакокрасочных покрытий, подлежа-

щих влажной дезинфекции, что способствовало разработке технологии оценки для установления возможности применения полимерных материалов и лакокрасочных покрытий для отделки помещений, в которых проводится систематическая дезинфекционная обработка различными химическими средствами.

В области медицины труда для идентификации и управления профессиональным риском по профилактике репродуктивных нарушений у женщин в организациях с вредными и(или) опасными производственными факторами подготовлена общая схема разработки комплексной программы предупредительных и оздоровительных мероприятий. Предполагается, что ее использование позволит снизить уровень затрат на трудовые потери на 5%. Определены дополнительные диагностические мероприятия во время беременности (алгоритм пренатального мониторинга), внедрение которых приведет к снижению частоты акушерских, перинатальных осложнений, сохранению репродуктивного здоровья женщин-работниц производственной сферы и, соответственно, к снижению и предупреждению патологии беременности и плода — снижению у женщин-работниц производственной сферы удельного веса преждевременных родов и самопроизвольных выкидышей на 1 и 0,8–2,8% соответственно. Продолжены исследования в области анализа и оценки профессионального риска. Разработанная научная и методическая система оценки и управления профессиональным риском позволит комплексно оценить степень вредности производственной среды, состояние здоровья работников, особенности контроля требований санитарно-гигиенического законодательства, оцененного на основе проверки организаций по чек-листам. Использование разработанного метода гигиенической оценки профессионального риска будет способствовать объективизации оценки гигиенического состояния субъектов хозяйствования, принятию управленческих решений по снижению на 3–5% уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности, предупреждению профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, улучшению санитарного состояния объекта. Разработаны методические подходы для гигиенической оценки показателей индекса тепловой нагрузки среды и экспозиции теплового облучения, комплекс гигиенических требований и мер по снижению профессионального риска здоровья работающих в условиях нагревающего микроклимата. Внедрение разработанного метода гигиенической оценки тепловой нагрузки среды будет способствовать снижению материальных затрат при измерении параметров микроклимата на основе ТНС индекса с 9,5 до 3,2 у.е., временных затрат на 60%. Применение разработанного комплекса мер по ведению работ при нагревающем микроклимате позволит повысить безопасность труда работающих в условиях влияния интенсивного теплового, инфракрасного облучения, уменьшить тепловую нагрузку на работников, величину индекса профессионального риска с 5–6 до 3–4 баллов и приведет к минимизации профессионального риска здоровью работников по показателю относительного риска с 1,51–2,0 до 1,0–1,5. Выявлены закономерности изменения функционального состояния систем и функций организма работников под влиянием интеллектуальных нагрузок, разработан метод количественной оценки напряженности трудового процесса по показателям интеллектуальных нагрузок. На основании определения критериев диагностики донозологических изменений состояния здоровья работников, занятых в условиях воздействия производственного вибрационного фактора, разработаны метод донозологической диагностики и меры профилактики воздействия производственного вибрационного фактора. Установлены требования гигиенической регламентации, нормирования и безопасности при производстве и применении новых штаммов микроорганизмов-продуцентов разных видов и биопрепаратов на их основе. Получены новые данные о механизмах формирования вредных специфических и неспецифических эффектов в организме работников биотехнологических производств, что послужило научно-методической основой разработки требований и рекомендаций по совершенствованию медицинского обеспечения, специфической диагностике, первичной и вторичной медицинской профилактике профессиональных аллергических и производственно обусловленных иммунозависимых заболеваний у работников.

В настоящее время вопросы обеспечения продовольственной безопасности и формирования системы здорового питания возведены в ранг Государственной политики. На основе оценки влияния уровней фактического потребления полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) на ряд физиологических и биохимических показателей у детей дошкольного возраста установлены оптимальные уровни потребления детьми  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 ПНЖК и разработаны подходы к оптимизации жирнокислотного состава рациона питания организованных детских коллективов, использование которых позволит улучшить развитие когнитивных способностей и функций зрительного анализатора у детей дошкольного возраста (в 1,3 раза), снизить острую респираторную заболеваемость и расходы системы здравоохранения на лечение дефицитных состояний, связанных с недостаточным поступлением в организм эссенциальных жирных кислот. Проведена комплексная оценка биологического действия основных групп пищевой продукции, БАД к пище на тест-объект *Tetrahymena pyriformis*. Обоснованы критерии и разработаны экспресс-методы оценки их биологической ценности и безвредности, применение которых позволит оценить безопасность новых технологий получения пищевой продукции и БАД. Использование биотестирования для оценки биологической ценности и безвредности пищевой продукции в системе государственного санитарного надзора и контроля в области обеспечения качества и безопасности пищевой продукции является актуальным в силу экономического и социального эффектов, т.к. использование таких методов сокращает сроки эксперимента и их стоимость до 10–12 раз без снижения достоверности полученных результатов. Последние годы характеризуются неизменно высокими уровнями заболеваемости пищевыми инфекциями и интоксикациями различного генеза. Поэтому безопасность пищевой продукции является одним из актуальных вопросов общественного здравоохранения. При исследованиях в этом направлении получены новые данные об опасностях, ассоциированных с отдельными видами пищевой продукции животного и растительного происхождения и условиями их производства. Разработан алгоритм анализа риска для здоровья опасностей пищевой продукции неживотного и животного происхождения при их производстве. Обоснованы гигиенические критерии и алгоритм ранжирования пищевых предприятий в зависимости от риска для здоровья, формируемого выпускаемой продукцией. Использование разработок на практике будет способствовать идентификации опасностей пищевой продукции, повышению ее безопасности, ожидается увеличение доли предприятий, относящихся к 1-й группе эпиднадежности, на 5%. Старение населения ставит задачи укрепления здоровья и расширения функциональных возможностей пожилых людей для увеличения периода активной и полноценной жизни человека. Получены новые научные знания о состоянии фактического питания, здоровья в связи с характером питания лиц пожилого возраста, обоснована их связь с особенностями течения болезней системы кровообращения — артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца (стенокардией). На основе изучения пищевого статуса обоснованы принципы оптимизации питания указанной категории населения. В области обеспечения пищевой продукцией высокого качества

проведено изучение особенностей распространенности, оценки наличия и степени выраженности факторов агрессии микробиоты технологической среды пищевых производств, что послужило основой для разработки системы контроля безопасности пищевых продуктов и надлежащей гигиены пищевых производств, методологии оценки агрессии микробиоты объектов окружающей среды пищевых производств. Внедрение разработок позволит обеспечить увеличение экспорта пищевой продукции животного происхождения не менее чем на 0,015% и снижение риска здоровью населения на 5–7% вследствие снижения микробной контаминации среды технологического окружения. На основе новых полученных данных об эпидемически значимых объектах среды обитания человека (ОСОЧ) в условиях госпитальной и школьной среды, уровне их вирусной контаминации, спектре и молекулярно-эпидемиологических характеристиках вирусов-контаминантов разработан алгоритм санитарно-вирусологического контроля ОСОЧ, который позволяет выявлять вирусную контаминацию 5 наиболее эпидемически значимыми типами кишечных (рота-, норо-, астро-, адено-, энтеро-) вирусов различных ОСОЧ за счет исследования смывов и элюатов с помощью молекулярно-генетических методов.

Неблагоприятные изменения в состоянии здоровья детей обуславливают поиск и научное обоснование эффективных путей повышения их функциональных резервов и профилактики заболеваний, в т. ч. в условиях образовательных учреждений. Впервые выполнена классификация по степени значимости факторов и условий образовательной среды, оказывающих воздействие на процессы формирования здоровья детей и подростков; определены приоритетные внутришкольные факторы риска, установлены количественные характеристики взаимосвязей состояния их здоровья с факторами риска условий обучения и воспитания для учреждений дошкольного, общего среднего образования, учреждений для детей-сирот. На основе комплексной медико-гигиенической оценки состояния здоровья школьников с учетом региональных особенностей образовательной среды впервые разработаны подходы к созданию системы здоровьесберегающих мероприятий на индивидуальном и групповом уровне, направленные на сохранение и укрепление здоровья учащихся в условиях учреждений общего среднего образования.

Проведены исследования в области профилактической токсикологии, направленные на разработку гармонизированной с международной нормативно-правовой базы. Научно обоснована система токсикологической оценки химических веществ и продукции на их основе с разработкой токсикологических (экспериментальных, медико-биологических) методов, позволяющих унифицировать в Республике Беларусь основные мероприятия в токсикологической практике и создать методическую базу по вопросам безопасного обращения химических веществ. Проведены исследования в области гигиенической оценки средств защиты растений, что послужило основой для разработки требований к регистрационным испытаниям средств защиты растений, методических подходов по оценке риска пестицидов, подготовке перечня пестицидов, запрещенных или ограниченных для использования в производстве сельскохозяйственной продукции. Научно обоснованы перечень основных загрязнителей отходов производства (ОП), условия и способы получения вытяжки из них для определения показателей биологического и химического потребления кислорода, критерии их фитотоксического действия на растительных тест-объектах и токсического действия для гидробионтов. Использование на практике разработанного расчетного метода определения класса опасности ОП позволит оптимизировать и унифицировать процесс гигиенической оценки ОП, снизить стоимость расходов по определению их класса опасности на 45–50%. Метод оценки токсичности отходов в остром эксперименте на животных предполагает сократить стоимость исследований в 2 раза, сроки проведения эксперимента для оценки токсичности отходов на 20%. Получены новые научные данные о закономерностях формирования интоксикаций ацетонциангидрином, ацетонитрилом и нитрилом акриловой кислоты, которые послужили научно-методической основой разработки методологии научного обоснования уровня временного максимального отклонения их от ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования.

Разработаны и метрологически аттестованы методики определения ускорителей вулканизации резины (агидола-2, каптакса, альтакса, цимата, этилцимата, дифенилгуанидина, тиурама Д и тиурама Е) в водных вытяжках из материалов, предназначенных для использования детьми и подростками, изготовления медицинских изделий и контакта с пищевыми продуктами, определения токсичных элементов в масляном сырье и жировых продуктах, определения остаточных количеств левомицетина, пенициллинов и стрептомицина в сырье животного происхождения и пищевых продуктах, полибромированных соединений БДЭ-47, БДЭ-99, БДЭ-209 в атмосферном воздухе. Все методики отличаются высокой селективностью и чувствительностью.

**Заключение.** Результаты научных исследований по заданиям ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» позволили выйти на принципиально новый уровень решения задач в области гигиены, токсикологии и профилактической медицины. Достигнутые результаты научных исследований в 2013–2015 гг. способствовали решению ряда приоритетных задач профилактического здравоохранения: обеспечить выявление и оценку новых и изменяющихся факторов окружающей среды, оказывающих отрицательное воздействие на здоровье человека, разработать методы их детекции в окружающей среде; обосновать методы объективной оценки характера и интенсивности воздействия новых и изменяющихся условий жизнедеятельности и факторов окружающей среды на организм человека с учетом пола, возраста, профессиональной деятельности; изучить молекулярно-генетические, биохимические, физиологические и другие механизмы и проявления негативного воздействия отдельных факторов окружающей среды на человека; обосновать требования по управлению окружающей средой, основанные на оценке риска, включая требования по осуществлению надзора за состоянием окружающей среды, процессов и производств, обращением потенциально опасной продукции, совершенствованию законодательства в области санитарно-эпидемического благополучия населения.

По результатам научно-исследовательских работ по заданиям программы разработаны и научно обоснованы 10 Санитарных норм и правил (СанНиП), 4 Дополнения и(или) изменения в СанНиП, 16 Гигиенических нормативов, 1 Технический кодекс установившейся практики, 59 Инструкций по применению, 1 Дополнение к Инструкции, 9 Методик выполнения измерений. Внедрение полученных результатов будет произведено в деятельность органов государственного санитарного надзора; республиканских научно-практических центров; учреждений образования, имеющих кафедры по подготовке, переподготовке и повышению квалификации специалистов с высшим образованием в области гигиены и профилактической медицины; учреждений здравоохранения. Внедрение научно-технических разработок в практику обеспечит в перспективе достижение социального и экономического эффекта.

## Литература

1. Перечень приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011-2015 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь от 22 июля 2010 г. № 378 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2016.
2. Основные направления социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2015 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 4 нояб. 2006 г. // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2016.
3. Положение о порядке разработки и выполнения научно-технических программ [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 авг. 2005 г. № 961 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2016.
4. Положение о научно-технических советах по государственным, региональным и отраслевым научно-техническим программам и проводимом ими конкурсе проектов заданий указанных программ [Электронный ресурс]: постановление Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь 30 нояб. 2005 г. № 18 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2016.
5. О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь 10 июля 2012 г. № 425-3 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2016.

## RESULTS OF THE BRANCH SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAM

### "MODERN CONDITIONS OF VITAL ACTIVITY AND HEALTH PRESERVATION" (2013–2015)

*Sychik S.I., Shevchuk L.M., Ivko N.A., Ipaeva-Lyudchik S.L.*

*Republican Unitary Enterprise "The Scientific & Practical Center of Hygiene", Minsk, Republic of Belarus*

The results of the branch scientific and technical program "Modern conditions of vital activity and health preservation" (2013–2015) have been presented in the article. The research results made a significant contribution to the development of hygiene and toxicology. The implementation of scientific and technical research results in practice will provide the achievement of social and economic benefits in future.

**Keywords:** branch scientific and technical program, health preservation, hygiene, toxicology, scientific and technical research results, implementation.

Поступила 19.07.2016

## ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»: 2011 г. — 1 ПОЛУГОДИЕ 2016 г.

*Сычик С.И., Шевчук Л.М., Ипаева-Людчик С.Л., Ивко Н.А.*

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** В статье представлены основные результаты деятельности республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» в области гигиены, токсикологии, медицинской профилактики за 2011 г. — 1 полугодие 2016 г. в части научно-исследовательской, изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной деятельности, подготовки кадров, редакционно-издательской и публикационной, научно-практической, консультативной и экспертной работы, международного сотрудничества.

**Ключевые слова:** республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», гигиена, токсикология, медицинская профилактика.

**Введение.** Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены» (далее — Центр) является ведущей научной организацией в Республике Беларусь (далее — РБ) по проблемам гигиены и токсикологии, медицинской профилактики, обладает высоким кадровым потенциалом, современной материально-технической базой, позволяющими осуществлять комплексные научные исследования и коммерциализацию результатов, проводить обучение специалистов и подготовку научных работников высшей квалификации. Результатом деятельности Центра является научное обоснование системы государственных мер по сохранению и укреплению здоровья населения, профилактики общей и профессионально обусловленной патологии, оздоровление среды обитания, создание условий, обеспечивающих гигиеническую безопасность жизнедеятельности, совершенствование нормативной базы для обеспечения деятельности органов и учреждений государственного санитарного надзора.

**Результаты и их обсуждение.** Выполняемые Центром научные исследования осуществляются по стратегическим направлениям развития профилактической медицины с использованием опыта международных организаций в сфере защиты и охраны здоровья населения (ВОЗ, ЕЭК ООН, комиссия Кодекс Алиментариус, МАГАТЭ, ЮНИСЕФ, ЮНЕП, НКДАР).

Спектр выполняемых специалистами 14 научных лабораторий Центра научно-исследовательских работ (далее — НИР) достаточно широк. Так, в 2011–2015 гг. Центр являлся головной организацией-исполнителем 2 отраслевых научно-технических программ: «Здоровье и окружающая среда» (2010–2014), «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» (2013–2017). В 2016 г. в Центре начаты научные исследования (15 заданий) по отраслевой научно-технической программе «Научно обосновать и разработать систему мер для решения гигиенических проблем среды обитания, профилактики заболеваний на основе методологии оценки риска для здоровья населения Республики Беларусь» (ОНТП «Здоровье и среда обитания», 2016–2020 гг.).

Научные исследования по основным направлениям деятельности Центра также реализовывались в рамках заданий: - государственных научно-технических программ: «Промышленные биотехнологии», «Природные ресурсы и окружающая среда», «Новые лекарственные средства», «Агрокомплекс — устойчивое развитие», «Химические технологии и производства», «Природные ресурсы и окружающая среда», «Фармацевтические субстанции и лекарственные средства»;

- государственных программ: «Социально-экономическое развитие и комплексное использование ресурсов Припятского Полесья», «Научное сопровождение развития атомной энергетики в Республике Беларусь», «Инновационное развитие Республики Беларусь», «Инновационные биотехнологии», «По преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС», «Химические средства защиты растений»;

- государственных программ научных исследований: «Фундаментальная и прикладная медицина и фармация», «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе», «Медицина и фармация», «Конвергенция»;

- инновационных проектов и др.

В рамках указанных программ Центром проводились фундаментальные и прикладные научные исследования, направленные на изучение механизмов и общих закономерностей влияния факторов среды обитания и производственной среды на формирование показателей здоровья населения; совершенствование методологии оценки риска многокомпонентного воздействия факторов среды обитания в существующих экономических условиях с использованием современных подходов и критериев для обоснования управленческих решений по устранению или минимизации ассоциированных с факторами среды обитания негативных воздействий на здоровье населения; разработку гигиенических требований к факторам среды обитания человека на основе методологии оценки риска для здоровья; разработку критериев, методов и моделей, позволяющих с высокой достоверностью и точностью оценивать влияние факторов среды обитания на организм.

Выполнение научных исследований создает основу для реализации Республикой Беларусь принятых международных обязательств в рамках ЕАЭС в контексте оценки рисков, разработки требований безопасности к новой продукции для повышения ее качества и конкурентоспособности, отстаивания интересов экономики, обеспечивая при этом высокий уровень защиты здоровья населения.

За 2011–2015 гг. общее количество выполняемых НИР увеличилось и в 2015 г. достигло 120 работ, при этом за отчетный период проводилось активное привлечение финансирования за счет средств заказчиков, диверсификация финансирования: 318 работ были выполнены за счет средств сторонних организаций (таблица).

Таблица — Выполнение научно-исследовательских работ за период 2011–2015 гг.

Показатель	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
НИР за счет средств республиканского бюджета (по договорам с Министерством здравоохранения РБ)	42	35	38	38	37
НИР за счет привлеченных средств, в т. ч.:	46	73	62	54	83
в рамках выполнения других научных программ (ГНТП, ГП, ГПНИ, межгосударственные программы, инновационные проекты и др.)	15	28	25	22	21
за счет собственных средств предприятий	31	45	37	32	62
Общее количество выполняемых НИР	88	108	98	92	120

Научные результаты являются основой для разработки Санитарных норм и правил, Гигиенических нормативов, инструкций по применению и иных документов, выполнение требований которых обеспечивает санитарно-эпидемиологическое благополучие населения республики. За период 2011 г. — 1 полугодие 2016 г. подготовлено и утверждено 151 Санитарных норм и правил (далее — СанНиП), Гигиенических нормативов, изменений и дополнений в СанНиП и Гигиенические нормативы, 132 Инструкции по применению, 3 Клинических протокола и др. В рамках реализации Планов государственной стандартизации Республики Беларусь специалисты Центра приняли участие в разработке 19 межгосударственных стандартов.

Сотрудники Центра принимают активное участие в подготовке нормативной базы Таможенного союза / Евразийского экономического союза: разработаны 23 технических регламентов Таможенного союза и изменений к ним, 14 проектов технических регламентов Евразийского экономического союза.

Коммерциализация результатов научных исследований подтверждена 105 постановлениями Министерства здравоохранения РБ и других министерств РБ о введении в действие нормативных документов, 630 актами о внедрении инструкций по применению, методик и другой продукции, полученными от учреждений государственного санитарного надзора различных уровней, учреждений образования, республиканских научно-практических центров, клинических учреждений, управлений здравоохранения, организаций НАН Беларуси.

В результате применения разработок:

- научно обоснованы мероприятия по профилактике неинфекционной заболеваемости посредством управления качеством среды обитания человека;

- обеспечено снижение общей, профессионально и экологически обусловленной заболеваемости населения;

- повышено качество жизни населения и обеспечено увеличение продолжительности активной жизни и трудоспособности человека;

- обеспечена высокая эффективность государственного санитарно-эпидемиологического надзора;

- разработаны и внедрены высокочувствительные методы исследования, что обеспечило эффективный контроль факторов среды обитания и выполнение гигиенических нормативов;

- обеспечено повышение качества и безопасности продукции белорусских производителей, что содействует развитию экспорта, импортозамещению технологий и продукции;

- внедрены здоровьесберегающие технологии по формированию здорового образа жизни.

Многие разработки сотрудников Центра выполнены впервые в Беларуси на уровне мировой новизны. В период 2011 г. — 1 полугодие 2016 г. в Национальный Центр интеллектуальной собственности подано 92 заявки на изобретения, получено 115 патентов на изобретения, поддерживается в режиме «НОУ-ХАУ» 31 заявка на предполагаемые изобретения.

В Центре функционирует Бюро по рационализации и изобретениям, которое рассматривает заявления на рацпредложения: за 2011 г. — 1 полугодие 2016 г. признаны рационализаторскими 330 предложений, которые используются в работе Центра.

Проведена большая редакционно-издательская и публикационная работа: за 2011–2015 гг. сотрудниками Центра подготовлено 2250 научных публикаций, из них 12 монографий, 41 книжное издание, 316 заключительных отчетов о НИР, 1098 статей в научных изданиях РБ и за рубежом, в т. ч. в рецензируемых научных журналах и изданиях — 619 публикаций (рисунок). В международные наукометрические базы данных (РИНЦ, MEDLINE) включено 48 публикаций специалистов Центра.

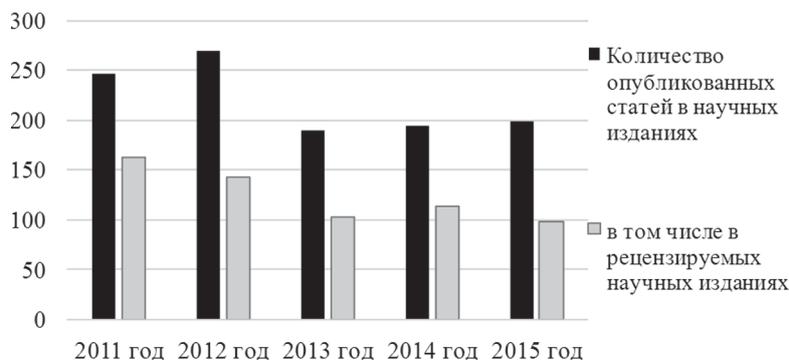


Рисунок – Динамика количества научных публикаций сотрудников Центра

В 1 полугодии 2016 г. опубликовано 180 научных работ, из них 1 учебно-методическое пособие, 74 статьи и 79 тезисов докладов, в т. ч. 53 — за рубежом, 17 — в изданиях РБ, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных исследований Беларусь; 26 электронных публикаций.

Центром ежегодно издается периодическое научное издание, рекомендованное ВАК для публикации результатов диссертационных исследований — сборник научных трудов «Здоровье и окружающая среда»: за 2011–2015 гг. изданы выпуски 18–25. Расширена «география» статей: в 2014–2015 гг. опубликованы материалы специалистов Республики Беларусь, России, Украины, Республики Узбекистан, Республики Казахстан, Республики Польша, Латвии.

Для укрепления научного потенциала и подготовки научных кадров высшей квалификации в Центре функционирует аспирантура (очная, заочная, в форме соискательства) по специальностям 14.02.01 – гигиена и 14.03.04 – токсикология (медицинские и биологические науки), проводится подготовка докторов наук в форме соискательства по указанным специальностям и отраслям науки.

Действует Совет по защите диссертаций Д 03.01.01, утвержденный приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь; срок полномочий совета продлен до 2020 г. За 2011 г. – 1 полугодие 2016 г. Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь присуждено 12 степеней кандидата наук, в т. ч. сотрудникам Центра — 8.

В Центре действует Совет молодых ученых — выборная общественная организация молодых ученых, аспирантов, соискателей, научных сотрудников и специалистов Центра в возрасте до 35 лет. Совет обеспечивает координацию деятельности молодых специалистов, стимулирование развития и реализации творческого потенциала научной молодежи, активизацию профессионального роста молодых сотрудников Центра, а также защиту интересов молодых ученых. Для материального стимулирования молодых ученых в получении высоких результатов научно-исследовательской деятельности в Центре учреждена ежегодная премия имени А.П. Русаева.

С целью презентации научных достижений Центра, повышения информированности научной общественности и специалистов практической службы, обмена опытом и обучения за период 2011 г. – 1 полугодие 2016 г. сотрудниками Центра организованы и проведены 58 мероприятий различного уровня, в т. ч. 4 научно-практических конференции с международным участием «Здоровье и окружающая среда» (далее — конференция), 35 Республиканских, международных научно-практических семинаров, совещаний, 19 обучающих тематических семинаров для сотрудников Центра и специалистов сторонних организаций.

В 2014–2015 гг. в работе конференций приняли участие известные ученые и эксперты научных и практических организаций Беларуси, Российской Федерации (далее — РФ), Украины, Казахстана, Латвии, представители Европейского центра ВОЗ по окружающей среде и здоровью, Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека РФ, Евразийской экономической комиссии.

Сотрудники Центра приняли участие в работе международных и республиканских конференций, симпозиумов, съездов, семинаров, учебных курсов и тренингов: сделано более 1400 докладов, в т. ч. 593 доклада — на международных мероприятиях за рубежом и в Республике Беларусь.

Разработки Центра ежегодно экспонируются на республиканских и международных выставках. За период 2011–2016 гг. научные достижения Центра были представлены на 41 международной выставке в Республике Беларусь и странах дальнего зарубежья.

За 2011–2015 гг. по 4466 запросам оказана консультативная помощь различным организациям, в т. ч. Министерству здравоохранения РБ, центрам гигиены и эпидемиологии разных уровней, другим медицинским учреждениям, министерствам, ведомствам и др. Подготовлено более 200 аналитических справок по актуальным проблемам здравоохранения, более 400 тематических информационных материалов по запросам Министерства здравоохранения РБ, более 1300 инструктивно-методических и информационных писем. Проведено рецензирование более 1500 проектов нормативных документов (проек-

тов инструкций по применению, СанНиП, межотраслевых, отраслевых правил, проектов технических регламентов Таможенного союза, Технических кодексов установившейся практики, проектов межгосударственных, государственных стандартов (ГОСТ и СТБ), проектов санитарно-защитных зон и др.), а также авторефератов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук, научных статей, отчетов о НИР, проектов НИР, учебных программ и др.

В последние годы все большее внимание уделяется развитию деятельности в области международного сотрудничества. Центр осуществляет международное сотрудничество в рамках заключенных договоров о научно-техническом сотрудничестве с ведущими профильными Центрами и научными учреждениями России, Украины, Казахстана, Узбекистана, Молдовы, Латвии, Литвы, а также ежегодно заключает новые соглашения (общее количество договоров возросло с 12 в 2011 г. до 21 договора в 2015 г.).

В 2015 г. в рамках международного сотрудничества были заключены 5 договоров о научно-техническом сотрудничестве с ведущими учреждениями Украины, РФ, Литвы: Государственным предприятием «Научный центр превентивной токсикологии, пищевой и химической безопасности имени академика Л.И. Медведя» Министерства здравоохранения Украины, г. Киев; Федеральным бюджетным учреждением науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Пермь, РФ; Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Восточно-сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, РФ; Национальным институтом оценки риска продовольствия и ветеринарии Литовской Республики, г. Вильнюс; Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены», г. Саратов, РФ.

За 2011–2015 гг. Центр участвовал в реализации 20 международных проектов и международных НИР.

Специалисты республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» принимают активное участие в работе в составе экспертных/рабочих групп в международных организациях. Директор Центра Сычик С.И. является Национальным координатором ВОЗ по окружающей среде и здоровью и координатором по коммуникации в рамках Европейского процесса «Окружающая среда и здоровье» от Министерства здравоохранения РБ, входит в состав Консультативного комитета по техническому регулированию, применению санитарных, ветеринарных и фитосанитарных мер Евразийской экономической комиссии.

Заведующий лабораторией факторов среды обитания и технологий анализа рисков здоровью является членом Бюро ЕЭК/Евро-ВОЗ Протокола по проблемам воды и здоровья к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 г. Ведущие специалисты Центра являются членами рабочей группы по вступлению Республики Беларусь в ВТО.

На базе Центра функционирует Национальный контактный центр Комиссии Кодекс Алиментариус. В 2015 г. совместно с Министерством сельского хозяйства и продовольствия РБ подготовлена информация о страновом профиле Республики Беларусь в области обеспечения безопасности пищевой продукции с описанием структуры национальных органов, их основных функций и законодательства. Представляя республику, специалисты Центра принимали участие в мероприятиях Комиссии Кодекс Алиментариус.

Специалист лаборатории профилактической и экологической токсикологии Центра является национальным координатором Стратегического подхода к международному регулированию химических веществ.

Ведущие специалисты Центра являются членами рабочей группы по направлению «Гармонизация санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований» при департаменте по санитарным мерам Евразийской экономической комиссии, Подкомитета по санитарным мерам, Подкомитета по техническому регулированию и оценке соответствия, созданных при Консультативном комитете по техническому регулированию, применению санитарных, ветеринарных и фитосанитарных мер.

Заведующий лабораторией радиационной безопасности Центра является экспертом МАГАТЭ.

Специалисты Центра принимали участие в 23 рабочих группах по разработке первоочередных технических регламентов Таможенного союза и проектов изменений к ним, в 13 рабочих группах специалисты Центра являлись руководителями.

С 2016 г. Центром выполняется международный проект «Формирование высококачественной базы данных химического состава пищевых продуктов Республики Беларусь, составленной и задокументированной согласно FAO/INFOODS Compilation Tool с источниками данных в электронном формате», реализуемый через Национальный центр по сельскому хозяйству, Словацкая Республика.

С июля 2016 г. Центр включен в Сеть Всемирной организации здравоохранения по оценке рисков химических веществ (WHO Chemical Risk Assessment Network).

С 2011 г. и по настоящее время специалисты Центра награждены Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь, 12 почетными грамотами Министерства здравоохранения РБ; знаком «Отличник здравоохранения» отмечено 9 сотрудников. Молодые ученые и аспиранты Центра отмечены стипендией Президента Республики Беларусь.

В 2015 г. коллектив Центра за значительный научно-практический вклад в области гигиены, токсикологии и профилактической медицины, обеспечения санитарно-эпидемиологического обеспечения населения республики награжден Почетной грамотой Министерства здравоохранения РБ.

Таким образом, деятельность Центра в разрезе анализируемых направлений соответствует уставным задачам и осуществляется на высоком уровне.

Подтверждением вышесказанного служит продление до 2021 г. аккредитации Центра как научной организации, а также получение сертификата соответствия системы менеджмента качества Центра требованиям стандарта СТБ ISO 9001-2009 «Системы менеджмента качества. Требования».

**Заключение.** Выполняемые Центром научные исследования тесным образом связаны с решением актуальных социально-экономических задач республики и согласовываются в полной мере с приоритетными направлениями научных исследований.

В современных условиях выявление новых и изменяющихся факторов окружающей среды, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье человека, с учетом особенностей их специфического, комбинированного и сочетанного

воздействия, ставит перед учеными-гигиенистами задачу по изучению этих факторов, научному обоснованию и внедрению системы мер, способствующих предупреждению, раннему выявлению и снижению риска возникновения неинфекционных заболеваний, обусловленных качеством среды обитания, причин и условий их возникновения.

Актуальным направлением совершенствования санитарно-эпидемиологического законодательства в Республике Беларусь является развитие научной концепции оценки риска и ее практическое применение, что требует разработки современных инструментальных методов для выявления общих закономерностей и механизмов вредного действия факторов окружающей среды на организм человека для их предотвращения.

Полученные результаты позволят достичь здоровьесбережения за счет рационального и экономически оправданного управления качеством среды обитания человека.

Поступила 28.09.2016

## MAIN RESULTS OF THE REPUBLICAN UNITARY ENTERPRISE “SCIENTIFIC PRACTICAL CENTRE OF HYGIENE” FOR 2011 — FIRST HALF OF 2016

*Sychik S.I., Shevchuk L.M., Itpaeva-Liudchuk S.L., Ivko N.A.  
Republican Unitary Enterprise “The Scientific & Practical Center of Hygiene”, Minsk, Republic of Belarus*

The main results of the scientific-research, inventive, rationalization, patent and license activities, staff training, editing and publishing, scientific practical, consulting and expert work, international cooperation of the republican unitary enterprise “Scientific practical centre of hygiene” in the field of hygiene, toxicology, preventive medicine for 2011 — first half of 2016 have been submitted in the paper.

**Keywords:** republican unitary enterprise “Scientific practical centre of hygiene”, hygiene, toxicology, preventive medicine.

## СОБЛЮДЕНИЕ ГИГИЕНЫ РУК РАБОТНИКАМИ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФЕКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Ханенко О.Н.<sup>1</sup>, Коломиец Н.Д.<sup>1</sup>, Тонко О.В.<sup>1</sup>, Гойлова А.В.<sup>2</sup>, Филонов В.П.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии Фрунзенского района г. Минска»,  
Минск, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Закрытое акционерное общество «БелАсептика», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** У 43 сотрудников больничных организаций здравоохранения из числа среднего и младшего медицинского персонала проведено анонимное анкетирование по вопросам соблюдения гигиены рук, а также микробиологическая оценка выполнения процедуры по мытью и антисептике рук. Установлено, что эффективной мерой, позволяющей значительно снизить микробную нагрузку на коже рук после осуществления регламентированных процедур мытья и антисептики, является дополнительное обучение персонала процедурам по гигиене рук, а для работников с травматическими повреждениями кожи соблюдение надлежащей практики по использованию и регулярной смене перчаток.

**Ключевые слова:** гигиена рук, антисептика рук, инфекционная безопасность, инфекционный контроль, поведенческие мотивации персонала.

**Введение.** Профилактика инфекционных заболеваний, связанных с оказанием медицинской помощи, требует понимания и исключения всех возможных опасностей, прямо или косвенно связанных с этой деятельностью. При этом соблюдение работниками основополагающих принципов по гигиене рук является ключевым моментом в обеспечении мероприятий инфекционной безопасности и инфекционного контроля в условиях больничных организаций здравоохранения [1, 2].

В Республике Беларусь научно обоснованные подходы по гигиене рук при оказании медицинской помощи пациентам внедрены в практическое здравоохранение рядом нормативных документов [3, 4]. Вместе с тем результаты многих эпидемиологических наблюдений, по-прежнему, демонстрируют недостаточную приверженность работниками организаций здравоохранения необходимых процедур по обработке рук, что и послужило основанием для настоящего исследования.

**Цель работы** — установить факторы, препятствующие качественной гигиенической обработке рук медицинского персонала, осуществляющего уход и кормление пациентов в больничных организациях здравоохранения, и отработка технологии, позволяющей устранить выявленные недостатки в зависимости от особенностей характеристик информированности, а также поведенческих мотиваций в контексте гигиены рук.

**Материалы и методы.** В настоящем проекте приняли участие 43 сотрудника больничных организаций здравоохранения из числа лиц со средним специальным медицинским образованием, а также без специального медицинского образования, участвующих в выполнении работ по уходу за пациентами, включая их кормление и приготовление пищи. В выборочную совокупность вошли работники хирургических и терапевтических отделений трех больничных организаций здравоохранения, включая сотрудников пищеблока и буфета. На первом этапе настоящего исследования нами проведен предварительный анонимный опрос по соблюдению гигиены рук.

На следующем этапе настоящего проекта у всех 43 сотрудников, из числа предварительно опрошенных, проведена микробиологическая оценка выполнения процедуры по гигиене рук. Забор проб с поверхности предварительно обработанных рук осуществлялся методом смывов, сначала после осуществления процедур по мытью рук, а затем после гигиенической антисептики. При взятии смывов с рук протирали тампоном ладонные поверхности обеих рук, межпальцевые пространства, ногти и подногтевые пространства. После оценки полученных результатов и дополнительного детального обучения персонала взяты смывы после осуществления мытья и антисептики кожи рук у тех работников, которые продемонстрировали недостаточные навыки с положительными результатами микробиологических исследований на первых этапах исследования с лабораторным контролем.

Взятие смывов производилось стерильными пластиковыми палочками с ватными тампонами, смоченными в стерильном физиологическом растворе. После взятия смыва тампоны помещались в стерильные пластиковые пробирки, содержащие 5 мл стерильного физиологического раствора хлорида натрия. После отбора смывов и доставки в лабораторию проводился их посев на следующие питательные среды: мясопептонный агар — для оценки общего уровня контаминации исследуемых объектов, Сабуро (HiMedia) — для выявления плесневых грибов и дрожжей, Эндо — для определения наличия в смывах бактерий группы кишечной палочки, желточно-солевой агар, Байрд–Паркер — для выявления и первичной идентификации коагулазоположительных стафилококков.

Видовую идентификацию микроорганизмов осуществляли по общепринятым микробиологическим методикам мануально и с использованием биохимического микробиологического анализатора VITEK (*Biomerieux*).

Полученные цифровые данные обработаны с использованием статистических методов, адекватных поставленным задачам и объемам выборочных совокупностей.

**Результаты и их обсуждение.** Из 43 сотрудников больничных организаций здравоохранения, принявших участие в настоящем проекте, 19 человек указали на среднее специальное медицинское образование, 16 лиц исполняли обязанности младшего медицинского персонала, принимая участие в кормлении и гигиеническом уходе за пациентами, смене постельных принадлежностей и др. Еще 8 работников участвовали в приготовлении пищи для пациентов или в раздаче готовых блюд в буфете. В анализируемую выборочную совокупность вошли только женщины, средний возраст которых составил 36 лет. Общий стаж работы в сфере здравоохранения более 5 лет отметили 32 из 43 работников, что составило 74,4%. Все респонденты указали, что при прохождении гигиенической подготовки всегда прорабатываются вопросы по соблюдению требований санитарно-эпидемиологического законодательства в области гигиены рук. Из 43 опрошенных 38 человек (88,4%) отметили достаточное обеспечение на рабочих местах мылом, антисептиками, полотенцами и перчатками.

Анализируя мнение работников организаций здравоохранения о необходимости регулярного соблюдения процедуры обработки рук при выполнении своих непосредственных профессиональных обязанностей, установлено, что 27 из 43 респондентов (62,8%) считают, что «частое мытье и антисептика рук может приводить к заболеваниям со стороны кожи». Логично, что при ответе на вопрос «Всегда ли Вы при осуществлении своих профессиональных обязанностей применяете регламентируемые законодательством процедуры по гигиене рук?», почти половина опрошенных (24 из 43 работников, или 55,8%) честно признались — «не всегда». Дополнительными факторами, мешающими осуществлению на практике процедур по обеззараживанию рук, явились ссылки на «повышенную загруженность в течение рабочей смены», а также «проблемы со стороны кожи рук», на которые указывали 48,8 и 37,2% респондентов соответственно. Мнение около 86,1% опрошенных лиц (37 из 43 работников) указывало, что наиболее эффективной мерой в сфере инфекционной безопасности в лечебных учреждениях по сравнению с мытьем и антисептикой рук является только использование перчаток.

Из 43 человек после осуществления процедуры по мытью рук положительный бактериологический результат зарегистрирован у 16 человек (37,2%). Видовой состав микроорганизмов был следующим: *Staphylococcus epidermidis* (9 штаммов), *Staphylococcus aureus* (2 штамма), *Enterococcus spp.* (2 штамма), *Enterobacter spp.* (2 штамма), *Escherichia coli* (1 штамм). Дальнейшая гигиеническая обработка рук проводилась кожным спиртовым антисептиком по инструкции применения к данному препарату. После гигиенической антисептики кожи рук положительный результат зарегистрирован у 9 человек из 16 (56,3%), этиологическая структура представлена *Staphylococcus epidermidis* (7 штаммов), *Staphylococcus aureus* (1 штамм), *Escherichia coli* (1 штамм). Интересно отметить, что по результатам предварительного опроса все работники оценили свои знания и навыки в области процедур по мытью и гигиенической антисептике рук как достаточные.

После ознакомления сотрудников организаций здравоохранения, участвовавших в настоящем проекте, с полученными результатами микробиологического обследования проведено их дополнительное обучение методологии гигиенической обработки рук. Повторная микробиологическая оценка показала, что только у 4 сотрудников (3 из которых младший медицинский персонал и один сотрудник пищеблока, у всех стаж работы в организациях здравоохранения более 5 лет) после осуществления мытья и антисептики рук было зафиксировано выделение микроорганизмов — *Staphylococcus epidermidis* (3 штамма), *Staphylococcus aureus* (1 штамм). Все 4 сотрудника предъявляли жалобы на различные травматические повреждения со стороны кожи рук.

**Заключение.** Соблюдение гигиены рук сотрудниками больничных организаций здравоохранения из числа лиц со средним специальным медицинским образованием, а также без специального медицинского образования, участвующих в выполнении работ по уходу за пациентами, включая их кормление и приготовление пищи, напрямую зависит от особенностей их поведенческих мотиваций.

Эффективной мерой, позволяющей значительно снизить микробную нагрузку на коже рук после осуществления регламентированных процедур мытья и антисептики, является дополнительное обучение персонала процедурам по гигиене рук, а для работников с травматическими повреждениями кожи рук соблюдение надлежащей практики по использованию и регулярной смене перчаток.

#### Литература

1. Руководство ВОЗ по гигиене рук в здравоохранении. Первая глобальная задача безопасности пациента. Чистота — залог безопасной медицинской помощи [Электронный ресурс] / ВОЗ. — 2013. — Режим доступа: <http://www.who.int/gpsc/5may/tools/9789241597906/ru/>. — Дата доступа: 21.05.2016.
2. Kampf, G. Händedesinfektion in Krankenhäusern — Nutzen und Risiken / G. Kampf, H. Löffler // JDDG. — 2010. — Vol. 8, № 12. — P. 978–983.
3. Гигиеническая и хирургическая антисептика кожи рук медицинского персонала : инструкция по применению рег. № 113-0801: утв. Гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 05.09.2001 / Респ. центр гигиены и эпидемиологии, Беларус. гос. мед. ун-т, ЗАО «БелАсептика»; разраб.: В.С. Голуб[и др.]. — Минск: РЦГЭиОЗ, 2001. — 11 с.
4. СанПиН. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям здравоохранения, оказанию медицинских услуг, в том числе по косметологии, а также к организации и проведению санитарно-противоэпидемических мероприятий по профилактике инфекционных заболеваний в организациях здравоохранения: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 28.10.2013 № 107; изм. и доп., утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 25.11.2014 № 78; изм. и доп., утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 31.12.2015 № 140 [Электронный ресурс] / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. — 2016. — Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/static/acts>. — Дата доступа: 21.05.2016.

## HAND HYGIENE OF HEALTHCARE ORGANIZATIONS WORKERS AS A KEY COMPONENT OF INFECTIOUS SAFETY

Hanenko O.N.<sup>1</sup>, Kolomiets N.D.<sup>1</sup>, Tonko O.V.<sup>1</sup>, Goilova A.V.<sup>2</sup>, Filonov V.P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>State Educational Institution "The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>State Institution "The Centre of Hygiene & Epidemiology of Frunzensky District of Minsk", Minsk, Republic of Belarus;

<sup>3</sup>Closed Joint-Stock Company "BelAseptika", Minsk, Republic of Belarus

The anonymous survey on the compliance with hand hygiene and microbiological evaluation of hand washing and hand antiseptic procedure have been carried out among 43 hospital employees of middle and junior medical staff of healthcare organizations. The additional training of hand washing and hand antiseptic procedures, the adherence of the use and regular changes of gloves for workers with traumatic injuries of hand skin have been found as the effective measure to reduce considerably the microbial load on hand skin after regulated washing and antiseptic procedures.

**Keywords:** hand hygiene, hand antiseptics, infectious safety, infection control, personnel behavioral motivation.

Поступила 05.07.2016

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ АЛЛЕРГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У ДЕТЕЙ Г. ГРОДНО И ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНА. ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ АЛЛЕРГИИ

Шпаков А.И.<sup>1</sup>, Аגיעвец О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы», Гродно, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье представлены результаты изучения распространенности аллергических заболеваний детского населения г. Гродно и района. Частота диагностированной астмы не была высокой и не отличалась в зависимости от места проживания респондентов. Среди городских мальчиков аллергические заболевания, а также их симптомы отмечались чаще, чем среди девочек. Некоторые факторы среды обитания (проживание с рождения в сельской местности, наличие старших братьев или сестер, контакт с домашними и особенно сельскохозяйственными животными и растениями), характерные для основных положений «гигиенической гипотезы», можно рассматривать как снижающие риск развития аллергической патологии (но не бронхиальной астмы) у детей и подростков.

**Ключевые слова:** распространенность, аллергические заболевания, факторы среды обитания, «гигиеническая гипотеза».

**Введение.** Аллергические заболевания и бронхиальная астма, в частности, являются широко распространенными заболеваниями в мире и их распространенность (преваленс) в различных странах колеблется от 5 до 50% от численности населения [1]. Всемирная организация здравоохранения определила аллергию как значительное социальное бедствие современности [2]. Три десятилетия назад аллергия встречалась у людей не так часто, не было даже единой статистики. Однако уже в конце XX в. на планете зарегистрировано более 300 млн людей с бронхиальной астмой с тенденцией к увеличению, а счет пациентов с аллергической патологией идет на сотни миллионов [3]. В течение последних лет распространенность и тяжесть течения болезней среди детского населения продолжили рост, несмотря на существенные успехи в распознавании и лечении [4]. Тревогу вызывает большое число невыявленных форм аллергических заболеваний среди детей. Как правило, это легкие формы, которые не стремятся диагностировать с помощью специальных методов, а для бронхиальной астмы — «скрываются» под другими диагнозами («обструктивный бронхит» или просто «хронический бронхит»). Это подтверждает огромный разрыв между реальной и зарегистрированной заболеваемостью. Официальная статистика не отражает истинную ситуацию, поскольку учитывает лишь тех, кто обратился к врачам. Если по статистике хронический ринит (аллергический насморк) наблюдается у 10% жителей Беларуси, то согласно опросам им страдает 25–30%. По официальным данным, заболеваемость аллергией по обращаемости в Беларуси не превышает 0,5–1% в зависимости от региона, однако и официальные данные подтверждают факт, что за последние 30 лет число больных детей в Беларуси увеличилось более чем в 2 раза. В условиях перспективы дальнейшей урбанизации и прироста городского населения, с одной стороны, и повышенного загрязнения окружающей среды химическими и другими поллютантами, с другой, распространенность патологии еще более увеличивается.

В клинической эпидемиологии и доказательной медицине изучение преваленса заболеваний проводится с помощью одномоментных поперечных исследований [5]. В известных нам источниках литературы нет данных о распространенности аллергической патологии в Гродненском регионе, что скорее всего обусловлено разобщенностью исследований, проводимых врачами-педиатрами, врачами-дерматологами, врачами-пульмонологами, врачами-аллергологами и представителями других врачебных специальностей.

Исходя из этого, поперечные одномоментные эпидемиологические исследования для изучения истинной распространенности патологии, согласно международным рекомендациям с использованием репрезентативной выборки и общепринятой анкеты, представляются актуальным. Главной предпосылкой данного исследования явились сведения о невысокой распространенности среди населения Беларуси (по сравнению с соседними странами) аллергической патологии и бронхиальной астмы, в частности.

**Цель работы** — популяционное изучение распространенности (преваленса) аллергической патологии у детского населения в г. Гродно и Гродненском районе с помощью апробированной международной анкеты.

Важной задачей исследования явился поиск подтверждающих или опровергающих положений «гигиенической гипотезы» возникновения аллергии (в последнее время применяется термин «теория микробного контакта» или «связи с микробиомом» — бактериями, живущими в организме человека), основной идеей которой является тезис, что по мере урбанизации, улучшения санитарных условий жизни человека и его гигиенических привычек (с характерными факторами проживания в городских условиях, отсутствие контакта с домашними животными, отсутствие братьев, сестер и др.) происходит

уменьшение контакта детей с естественными антигенами животного и растительного происхождения — микробами, гельминтами, пылью и т. п., что является основой недостаточной стимуляции развивающейся иммунной системы, приводящей к склонности организма к аллергии [6].

В последних исследованиях показано, что снижение риска развития аллергии в последующей жизни у детей, выросших в сельской местности, может быть связано с микроорганизмами, присутствующими в окружающей среде, поэтому положительный потенциал частного подворья и контакта с домашними животными и зерновыми культурами рассматривается во взаимосвязи с активацией врожденного иммунитета микробиомом [6, 7].

**Материалы и методы.** Исследование проведено в 2014–2015 гг. с учетом опыта участия авторов в международных научных проектах «Диагностика и профилактика аллергических заболеваний органов дыхания и кожных покровов на основе применения популяционных эпидемиологических исследований (BUPAS-PolBUCan)».

Для реализации цели данного исследования и определения преваленса аллергической патологии применен метод одномоментного поперечного исследования репрезентативной выборки детского населения. Для электронного анкетирования использована интернет-методология на основе веб-приложения Limesurvey, (<http://edukacjainauka.pl/limesurvey/index.php/669294>), что позволило оптимально быстро провести сбор анкет и дистанционно обработать полученные данные. В анкете применены избранные вопросы из стандартного вопросника, применяемого в международных исследованиях ISAAC [2, 3]. Каждая анкета сопровождалась информацией с объяснением цели исследования. Протокол исследования был одобрен биоэтической комиссией. Список анализируемых показателей включал наличие верифицированного врачебного диагноза аллергической патологии, бронхиальной астмы и других заболеваний в анамнезе, а также указание респондентов на характерные симптомы аллергической и дыхательной патологии (но без постановки диагноза заболевания).

Расчет выборки производился по формуле, опубликованной на сайте <http://allcalc.ru>. Численность обучающихся в учреждениях общего среднего образования в г. Гродно составила около 37000 человек и в Гродненском районе — около 5000 человек. Определена достаточная выборка для получения репрезентативных данных, которая составила не менее 360 человек в городе и сельской местности.

Всего было проанкетировано 4990 родителей детей в возрасте 6–15 лет, проживающих в г. Гродно (2579) и Гродненском районе (2411). Из данной группы были выбраны анкеты детей, от рождения постоянно проживающих в городе (2248 детей, из них мальчиков — 1163) и в сельской местности (1765 детей, соответственно мальчиков — 871). Статистическую значимость различий полученных результатов оценивали с использованием критерия  $\chi^2$  для четырехпольной таблицы с одной степенью свободы.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 1 представлены результаты изучения встречаемости установленного диагноза бронхиальной астмы и другой аллергической патологии у обследованных детей региона. Выявлены статистически значимые особенности преваленса патологии в зависимости от пола и постоянного места проживания с рождения. Среди мальчиков аллергические заболевания отмечались чаще, чем среди девочек. Данная ситуация особенно характерна для городской группы респондентов. Частота диагностированной астмы не отличалась в зависимости от места проживания, однако другие аллергические заболевания, а также их симптоматика, преобладали в группе городских детей. Проживание с рождения в сельской местности, как и женский пол, позволяют рассматривать данные факторы как защитные и предупреждающие появление аллергических заболеваний, но не астмы.

Таблица 1. — Распространенность диагностированной бронхиальной астмы, заболеваний органов дыхания, респираторных симптомов, аллергии и ее проявлений в зависимости от пола и места проживания, количество наблюдений (проценты)

Заболевания и симптомы	Город, n = 2248			Сельская местность, n = 1765			P
	мальчики, n = 1163	девочки, n = 1085	все вместе	мальчики, n = 871	девочки, n = 894	все вместе	
Бронхиальная астма	25 (2,15)	8 (0,74)**	33 (1,5)	16 (1,84)	12 (1,34)	28 (1,6)	>0,05
Обструктивный (астматический) бронхит	104 (8,9)	58 (5,3)**	162 (7,2)	64 (7,3)	55 (6,2)	119 (6,7)	>0,05
Свистящее дыхание и хрипы в грудной клетке	334 (28,7)	264 (24,3)**	598 (26,6)	245 (28,1)	228 (25,5)	476 (26,8)	>0,05
Свистящее дыхание и хрипы в течение последних 12 мес.	118 (10,1)	80 (7,4)**	198 (8,8)	91 (10,4)	82 (9,2)	173 (9,8)	>0,05
Приступы удушья в покое, во время отдыха (в течение последних 12 мес.)	31 (2,7)	13 (1,2)**	44 (2,0)	17 (0,9)	14 (0,8)	31 (1,8)	>0,05
Приступы удушья, приводящие к просыпанию (в течение последних 12 мес.)	31 (4,7)	37 (3,9)*	68 (3,0)	18 (2,1)	12 (1,3)	30 (1,7)	<0,05
Прием противоастматических препаратов	20 (1,7)	8 (0,7)**	28 (1,2)	13 (1,5)	12 (1,3)	25 (1,4)	>0,05
Приступы бронхиальной астмы в течение последних 12 мес.	12 (1,0)	2 (0,2)**	14 (0,6)	9 (1,0)	4 (0,4)	13 (0,7)	>0,05
Аллергический ринит	76 (6,5)**	42 (3,9)*	118 (5,2)	21 (2,4)	18 (2,0)	39 (2,2)	<0,01

## Окончание таблицы 1

Заболевания и симптомы	Город, n = 2248			Сельская местность, n = 1765			P
	мальчики, n = 1163	девочки, n = 1085	все вместе	мальчики, n = 871	девочки, n = 894	все вместе	
Признаки многократного чихания с обильным выделением слизи и заложенностью носа (кроме простудных заболеваний)	147 (12,6)**	82 (7,6)*	229 (10,2)	68 (7,8)	58 (6,5)*	126 (7,1)	<0,01
Признаки сенного катара или сенной лихорадки	62 (5,3)	19 (1,8)**	81 (3,6)	11 (1,3)	6 (0,7)	17 (1,0)	<0,01
Сопутствующее обильное слезотечение и зуд	47 (4,0)	33 (3,0)	80 (3,6)	16 (1,8)	16 (1,8)	32 (1,8)	<0,01
Атопический дерматит (АД)	153 (13,2)	125 (11,5)*	278 (12,4)	81 (9,3)	76 (8,5)	157 (8,9)	<0,01
Сыпь в типичных для АД местах в течение последних 12 мес.	58 (5,0)	62 (5,7)	120 (5,3)	37 (4,2)	34 (3,8)	71 (4,0)	<0,05
Аллергические реакции, диагностированные врачом	241 (20,7)**	167 (15,4)*	408 (18,1)	97 (11,1)	84 (9,4)	181 (10,3)	<0,01
Проявление кожной аллергии	534 (45,9)	485 (44,7)	1019 (45,3)	288 (33,1)	309 (34,6)	597 (33,8)	<0,01
Нет перечисленных жалоб и признаков аллергической патологии	571 (49,1)	564 (52,4)	1135 (50,5)	538 (61,8)*	553 (61,9)*	1091 (61,8)	<0,01
Примечания: 1 — * — статистические различия (chi2 test) между городскими и сельскими детьми по полу достоверны (p<0,05). 2 — ** — статистические различия (chi2 test) городских детей по полу достоверны (p<0,05).							

В связи с тем, что факторами риска развития аллергии общепризнанны наследственная предрасположенность, экологические и гигиенические условия жизни, в таблице 2 приведены некоторые характеристики, описывающие особенности проживания детей в сельской и городской местности, а также выявленные защитные и предрасполагающие факторы риска развития заболеваний.

Таблица 2. — Некоторые факторы среды обитания возможного развития аллергического процесса у городских и сельских детей, количество наблюдений (проценты)

Заболевания и симптомы	Город, n = 2248			Сельская местность, n = 1765			P
	мальчики, n = 1163	девочки, n = 1085	все вместе	мальчики, n = 871	девочки, n = 894	все вместе	
Астма у одного из родителей	33 (2,8)	34 (3,1)	67 (3,0)	12 (1,4)	21 (2,3)	33 (1,9)	<0,01
Аллергический ринит у одного из родителей	101 (8,7)*	66 (6,1)*	167 (7,4)	19 (2,2)	28 (3,1)	47 (2,7)	<0,01
Атопический дерматит у одного из родителей	113 (9,7)*	73 (6,7)	186 (8,3)	37 (4,2)	56 (6,3)	93 (5,3)	<0,01
Аллергизация у одного из родителей	326 (28,0)*	237 (21,8)*	563 (25,0)	116 (13,3)	133 (14,9)	249 (14,1)	<0,01
Курение родителей	661 (56,8)	572 (52,7)	1233 (54,8)	486 (55,8)	532 (59,5)	1018 (57,7)	<0,05
Проживание в частном (одноквартирном) доме	60 (5,2)*	69 (6,4)*	129 (5,7)	472 (52,2)	492 (55,0)	964 (54,6)	<0,01
Уголь или дрова, используемые для приготовления пищи в домашних условиях	11 (1,0)*	6 (0,6)*	17 (0,8)	83 (9,5)	93 (10,4)	176 (9,9)	<0,01
Уголь или дрова как основные источники отопления	51 (4,4)*	48 (4,2)*	99 (4,4)	217 (24,9)	270 (30,9)	487 (27,6)	<0,01
Контакт детей с домашними шерстистыми животными и птицами	653 (56,1)*	686 (63,2)*	1339 (59,6)	682 (78,3)	674 (75,3)	1356 (76,8)	<0,01
Контакт с домашними хозяйственными животными или (и) зерновыми культурами или (и) помощь по хозяйству в течение последних 12 мес.	21 (1,8)*	15 (1,4)*	36 (1,6)	386 (44,3)	396 (44,3)	782 (44,3)	<0,01
Примечание — * — статистические различия (chi2 test) между городскими и сельскими детьми по полу достоверны (p<0,05).							

Для проверки «гигиенической гипотезы» развития аллергии, которая гласит, что хорошие санитарно-гигиенические условия в определенной степени лишают иммунную систему человека естественного тренинга против серьезных болезнетворных факторов, в результате чего организм начинает атаковать относительно безобидные объекты (бытовая пыль или пыльца растений), что проявляется неадекватной реакцией на эти слабые раздражители в виде аллергической реакции. В результате могут развиваться классические симптомы бронхиальной астмы: хроническое воспаление, отек или острый спазм дыхательных путей. Наоборот, риск развития аллергических болезней снижается в связи с перенесенными в раннем детстве инфекционными и паразитарными болезнями, заражение которыми происходило через т. н. негигиенические контакты [7].

Используя результаты предыдущей таблицы, нами были сформированы 2 группы: модельная, в которую вошли респонденты, не имевшие потенциальных факторов среды обитания и возможного развития аллергического процесса, и «группа риска», у представителей которой были отмечены как минимум два из потенциальных (неблагоприятных) факторов возможного развития аллергии (таблица 3).

Таблица 3. — Влияние основных охранных и предрасполагающих факторов аллергической патологии, количество наблюдений (проценты)

Факторы среды обитания	Модельная группа			Группа риска			P
	город, n = 1135	село, n = 1091	все, n = 2226	город, n = 1113	село, n = 674	все, n = 1787	
Грудное вскармливание от рождения	991 (87,3)	933 (85,5)	1924 (86,4)	996 (89,5)	604 (89,6)	1600 (89,5)	>0,05
Наличие братьев и сестер	706 (62,2)	896 (82,1)*	1602 (72,0)	649 (58,3)	526 (78,0)*	1175 (65,7)	<0,05
Уголь или дрова как основные источники отопления	32 (2,8)	287 (26,3)	319 (14,3)	66 (5,9)	138 (20,5)	204 (11,4)	>0,05
Следы плесени, грибок на внутренних стенах жилья	269 (23,7)	276 (25,3)	545 (24,5)	409 (36,7)	245 (36,4)	654 (36,6)	<0,05
Контакт детей с домашними шерстистыми животными и птицами	676 (59,6)	831 (76,2)*	1507 (67,7)	663 (59,6)	525 (77,9)*	1188 (66,4)	>0,05
В течение последних 12 мес.							
Контакт с домашними хозяйственными животными (1 раз в неделю и чаще)	0	398 (36,5)	398 (17,9)	0	194 (28,8)	194 (10,9)	<0,05
Нахождение в местах хранения зерна (1 раз в неделю и чаще)	0	174 (15,9)	174 (7,8)	0	74 (11,0)	74 (4,1)	<0,05
Помощь по хозяйству (в хлеву, во время дойки, уборки)	0	294 (26,9)	294 (13,2)	0	92 (13,6)	92 (5,1)	<0,05
Примечание — * — статистические различия (chi2 test) между городскими и сельскими детьми достоверны (p<0,05).							

Оказалось, что некоторые положения «гигиенической гипотезы» имеют право на существование и подтвердились. Большая часть детей, проживающих в сельской местности, вошла в модельную группу, что в меньшей мере относится к горожанам. Дети, растущие в больших семьях, при постоянном контакте с сельскохозяйственными и домашними животными, продуктами сгорания дров и угля, в основном не имели признаков аллергии. Отсутствие подтверждения «гигиенической гипотезы» только для бронхиальной астмы может быть объяснено тем, что не все виды астмы имеют «аллергическую» основу. Современные исследования показывают, что только половина случаев астмы связана с аллергическим компонентом, на который могут распространяться положения «гигиенической теории».

**Заключение.** Популяционное изучение распространенности астмы, аллергической патологии и характерных симптомов у детского населения в Гродно и Гродненском районе позволило сформулировать следующие выводы:

1. Констатирована невысокая частота диагностированной врачом астмы и отсутствие отличий распространенности болезни в зависимости от места проживания детей и подростков.
2. Низкая распространенность может быть связана с гиподиагностикой астмы, нередко «маскирующейся» под другими диагнозами.
3. У городских мальчиков аллергические заболевания, а также их симптомы отмечались чаще, чем среди девочек, проживающих в городе.
4. Основные положения «гигиенической гипотезы» подтверждаются снижением риска развития аллергической патологии (но не бронхиальной астмы) у детей, проживающих с рождения в сельской местности, имеющих братьев или сестер, контактирующих с домашними и особенно сельскохозяйственными животными и растениями.

#### Литература

1. Reddel, H.K. A summary of the new GINA strategy: a roadmap to asthma control / H.K. Reddel [et al.] // Eur. Respir. J. — 2015. — Vol. 46, № 3. — P. 622–639.
2. Wong, G.W. Epidemiology: international point of view, from childhood to adults, food allergens / G.W. Wong // Chem. Immunol. Allergy. — 2015. — Vol. 101. — P. 30–37.
3. Marks, G. Global Burden of Disease due to Asthma / G. Marks, D. Strachan, I. Asher // The Global Asthma Report, New Zealand. — Auckland, 2014. — P. 16–21.
4. Flohr, C. New insights into the epidemiology of childhood atopic dermatitis / C. Flohr, J. Mann // Allergy. — 2014. — Vol. 69, № 1. — P. 3–16.

5. Флетчер, Р. Клиническая эпидемиология: Основы доказательной медицины / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. — М.: Медиа Сфера, 1998. — 352 с.
6. Strachan, D.P. Hay fever, hygiene, and household size / D. P. Strachan // *BMJ*. — 1989. — Vol. 299, № 6710. — P. 1259–1260.
7. Liu, A.H. Revisiting the hygiene hypothesis for allergy and asthma / A.H. Liu // *J. Allergy Clin. Immunol.* — 2015. — Vol. 136, № 4. — P. 860–865.

## ALLERGIC PATHOLOGY PREVALENCE OF CHILD POPULATION OF GRODNO CITY AND GRODNO DISTRICT. DETECTION OF HABITAT FACTORS AFFECTED ON ALLERGY ELABORATION

*Shpakou A.I.<sup>1</sup>, Ahiyevets O.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Education Establishment “Yanka Kupala State University of Grodno”, Grodno, Republic of Belarus;*

<sup>2</sup>*Educational Establishment “The Belarusian State Medical University”, Minsk, Republic of Belarus*

The article presents the research results of prevalence of allergic diseases of child population of Grodno and Grodno district. The attitude to «hygiene hypothesis» of the allergy origin has been determined. The frequency of diagnosed asthma was not high and did not differ depending on the place of residence. The allergic diseases and their symptoms were evident among urban boys more frequently than among girls. The accommodation in the countryside at birth allows considering this factor as a positive one for the prevention of allergic diseases. The certain components of the 'hygiene hypothesis' of the allergy origin are relevant, this fact is confirmed by the risk decrease of the allergic pathology progress (not asthma) in children living in the countryside at birth, with siblings, and contacting with domestic animals, especially farm animals and plants.

**Keywords:** prevalence, allergic diseases, «hygiene hypothesis».

Поступила 19.07.2016

## ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И МНЕНИЯ О КУРЕНИИ СРЕДИ ВРАЧЕБНОГО СООБЩЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Щавелева М.В., Вязьмин А.М., Романова А.П., Шваб Л.В., Шпаковская Е.В.*

*Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Табачная эпидемия признана Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) глобальной угрозой для человечества. Курение представляет серьезную опасность и для Республики Беларусь. Как показали проведенные ранее исследования, среди курящих лиц наряду с другими категориями граждан есть и медицинские работники, в т. ч. врачи, т. е. те люди, которые в силу полученных профессиональных знаний и профессиональной деятельности как никто другой знают о негативных последствиях табакокурения, а также о многих международных документах, принятых на уровне ВОЗ, других организаций и направленных на профилактику и борьбу с курением. В статье отражены результаты анкетного опроса врачей (70 человек), где инструментом исследования послужила авторская анкета, состоящая из 36 вопросов. Полученные данные обработаны методами параметрической и непараметрической статистики.

**Ключевые слова:** (табако)курение, врачи, здоровье, антитабачные мероприятия.

**Введение.** В мае 2003 г. на 56-й сессии Всемирной Ассамблеи здравоохранения принята Рамочная конвенция ВОЗ по борьбе против табака (РКБТ) [1]. Наша страна одна из первых среди государств СНГ подписала и ратифицировала этот документ (2005). Однако борьба с курением в Республике Беларусь начата значительно раньше. Многочисленные научные исследования зависимости показателей здоровья населения от распространенности курения нашли свою реализацию в целом ряде акций, в т. ч. законодательных и государственных, направленных на борьбу с табакокурением, а также ограничениях в сфере употребления табака. В 2002 г. издан первый Декрет Президента Республики Беларусь, регламентирующий антитабачную деятельность [2]. Несмотря на вышеперечисленное, проведение положений Конвенции идет довольно медленными темпами: по объему никотинизации населения Республика Беларусь значительно обгоняет многие страны мира [3].

**Цель работы** — изучение мнения врачей, знающих в силу полученных профессиональных знаний и выполняемой профессиональной деятельности о негативных последствиях табакокурения, о курении и ряде направлений антитабачной деятельности.

**Материалы и методы.** Предметом исследования являлось отношение респондентов к курению, проводимым анти-никотиновым мероприятиям и определение наиболее перспективных мер борьбы с курением. Объект исследования — слушатели кафедры общественного здоровья и здравоохранения государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования». Инструмент исследования — авторская анкета, состоящая из 36 закрытых и полузакрытых вопросов, касающихся идентификации респондентов как курильщиков или некурящих, их личного отношения к различным аспектам табакокурения, оценки опрошенными действенности проводимых мер по противодействию курению, а также возможных других антитабачных мероприятий. Таким образом, анкета предусматривала получение данных по двум основным позициям: личное отношение к курению, оценка проблемы курения в общегосударственном масштабе. Закрытые вопросы анкеты предполагали: единственный, множественный выбор, шкалу. В частности, нами использовались 4-балльные шкалы, когда оценка «0» предполагала отсутствие эффективности, «1» — низкую эффективность; «2» — среднюю; «3» — высокую. При оценке шкал в расчет принимались только валидные (полученные) ответы.

Один из вопросов анкеты предлагал респондентам перечислить те ассоциации (слова), которые возникают у них при слове «курение». Данный вопрос был составлен для валидации истинного (неформального) отношения респондентов к курению.

Полученные данные обработаны и представлены с привлечением методов параметрической и непараметрической статистики: средняя величина и ее ошибка ( $M \pm m$ ), критерий  $\chi^2$ , Yates corrected  $\chi^2$ , критерий Манна–Уитни. При сравнении показателей двух групп различия принимались как достоверные при выполнении условия  $p < 0,05$ .

Для создания базы данных и статистического представления материалов использованы программы Excel, SPSS и Statistica 6.0.

**Результаты и их обсуждение.** Опрошено 70 врачей, в т. ч. 29 (41,4%) мужчин и 41 (58,6%) женщина. Средний возраст опрошенных составил  $41,7 \pm 0,93$  года. Из общего числа респондентов курящих оказалось 27,1%, среди мужчин — 34,5%, среди женщин — 21,9%.

Анализ ассоциаций, возникающих у анкетированных в связи со словом «курение», выявил, что у 77,9% респондентов данные ассоциации были негативными (резко негативными) и сопровождалась такими словами как «болезнь», «рак», «онкология», «смерть», «вонь», «слабоумие», «лентяйка» и пр. Гораздо меньшее число респондентов (5,9%) перечислили слова, характеризующие возникновение положительных ассоциаций: «романтика», «гитара», «релакс» и пр. В ответах остальных респондентов присутствовали слова как первой (негативной) группы ассоциаций, так и второй (позитивной). У некурящих респондентов негативные ассоциации возникали достоверно чаще (Yates corrected  $\chi^2 = 18,74$ ;  $p = 0,000$ ). При анализе ответов на данный вопрос нами особое внимание было обращено на ассоциации, связанные с упоминанием болезней (само слово «болезнь» или упоминание конкретных нозологий). Эти ассоциации прослеживались у 42,86% респондентов (52,9% ответов некурящих и только 15,79% ответов курящих; Yates corrected  $\chi^2 = 6,32$ ;  $p = 0,001$ ). Данная ситуация может свидетельствовать о довольно высокой мотивационной установке курящих врачей на продолжение курения. Кроме того, такая статистически достоверная разница ответов курящих и некурящих врачей еще раз подтверждает одно из базовых положений Доклада ВОЗ о глобальной табачной эпидемии: «большинство потребителей табака не осознает вредных последствий, вызываемых его употреблением» [3].

Подавляющее большинство (курящие и некурящие) респондентов (рисунок 1) отметили, что наибольшее число лиц, употребляющих никотин, в их окружении находится среди друзей (100 и 70,6% соответственно), меньше — среди родственников (48 и 43%), сотрудников (48 и 49%) и соседей (42,1 и 41,2%).

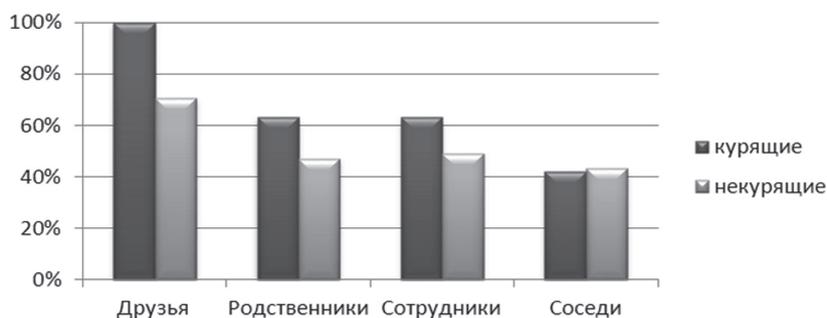


Рисунок 1. — Наличие курящих в окружении респондентов

Таким образом, приходится констатировать формирование микросоциума курильщиков, который рекрутирует в свои ряды новых участников процесса и уверенно удерживает их в неформальном сообществе «любителей табакокурения». По данным нашего опроса, 78,9% курящих респондентов начали курить в средней школе или в вузе, а на их выбор в основном (52,6%) также повлияли друзья. В результате 57,9% из курящих респондентов курят в течение 10-25 лет. На последующий вопрос о причинах курения в настоящее время 42,1% курящих врачей ответило, что это помогает расслабиться, а 52,6% — снять эмоциональное напряжение; данные причины очень близки между собой. Остальные причины, судя по приведенным ответам, гораздо менее значимы. Учитывая напряженность труда, а также высокие психоэмоциональные нагрузки в работе врачей, необходимо использовать разнообразные методы, способствующие оптимизации труда медицинских работников и психологической разгрузке. Данное направление работы должно рассматриваться как один из способов противодействия табакокурению и не только среди врачебного сообщества.

Вместе с тем определенная часть курящих респондентов готова отказаться от данной привычки. На вопрос «почему», мы получили неоднозначные ответы (рисунок 2). Несмотря на низкую частоту ассоциаций понятий «курение» и «болезнь» в ответах курящих респондентов (описано выше), респонденты-курильщики все-таки высказали понимание того, что курение вредит здоровью, а также проявляли беспокойство о своем здоровье (47,4 и 31,6% соответственно). Настораживают 2 факта: родные и близкие практически не проявляют недовольства по поводу курения респондентов (только 5,3% ответивших видят в этом причину отказаться от курения); в интересах здоровья детей готовы отказаться от курения всего лишь 15,8%. Примерно 90% курильщиков не имеют никакого желания экономить деньги на табаке.

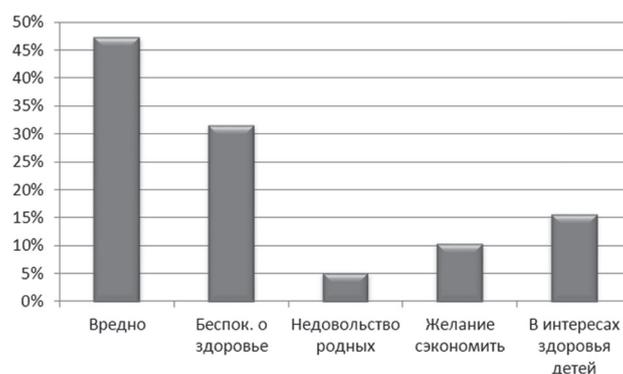


Рисунок 2. — Причины отказаться от курения

Этот ответ во многом объясняет единодушие курящих и некурящих респондентов в выборе перспективных для государства мер по снижению потребления табака ( $p > 0,05$ ). Как показано ниже, среди прочих ограничений обе группы (курящие и некурящие респонденты) довольно свободно апеллируют к мерам экономического воздействия: запрет продажи табачных изделий молодежи до 21 года (голоса курящих и некурящих разделились как 42,1 к 56,8%;  $\chi^2 = 1,21$ ;  $p = 0,27$ ); продажа табачных изделий только в установленные часы (15,8 и 33,3% соответственно, Yates corrected  $\chi^2 = 1,32$ ;  $p = 0,25$ ); усиление мер по взиманию штрафов с нарушителей запретов на курение в неустановленных местах и пр. (31,6 и 39,2% соответственно;  $\chi^2 = 0,35$ ;  $p = 0,56$ ); значительное увеличение цен на табачные изделия (47,4 и 70,6%, Yates corrected  $\chi^2 = 2,32$ ;  $p = 0,13$ ) и пр. Респонденты были единодушны в ответе на вопрос о введении оплаты за медицинскую помощь при установлении связи заболевания с курением табака (42,1 и 39,2% соответственно;  $\chi^2 = 0,05$ ;  $p = 0,83$ ). При этом на необходимость повышения доступности лечения зависимости от табака указывает 21,1% курящих и 17,6% некурящих (Yates corrected  $\chi^2 = 0,00$ ;  $p = ,98$ ). Такое единодушие относительно выбора экономических мер воздействия на курильщиков можно объяснить тем, что большинство (88,6%) респондентов в той или иной степени уверено в том, что табакокурение наносит ущерб национальному благосостоянию. Абсолютная уверенность в этом гораздо выше у некурящих, чем у курильщиков (соответственно 80,3 и 36,8% положительных ответов;  $\chi^2 = 12,18$ ;  $p = 0,001$ ).

Некурящие респонденты, как правило, чаще выступают за ужесточение мер запретительного характера, мер, усиливающих контроль и штрафные санкции со стороны органов власти. Точки зрения курящих и некурящих, различались по таким позициям: запрет курения в кафе, барах и ресторанах — одно из главных направлений борьбы с курением в Западной Европе и Российской Федерации (21,1 и 58,8%, Yates corrected  $\chi^2 = 6,47$ ;  $p = 0,01$ ); запрет курения на улице, остановках транспорта, местах отдыха (36,8 и 68,6%,  $\chi^2 = 5,83$ ;  $p = 0,016$ ); запрет курения на лоджиях и балконах (10,5 и 39,2%, Yates corrected  $\chi^2 = 4,04$ ;  $p = 0,04$ ). Необходимость проведения пропаганды здорового образа жизни, просвещения и воспитания отметили 26,3% курящих и только (!) 47,1% некурящих ( $\chi^2 = 2,45$ ;  $p = 0,12$ ). Таким образом, и курящие, что было в какой-то мере ожидаемо, и, к сожалению, некурящие респонденты завуалировано высказали свое критическое отношение к работе по формированию здорового образа жизни.

Эффективность проводимых в стране мероприятий по профилактике и борьбе с табакокурением (таблица 1) в ответах большинства респондентов была оценена как низкая (балл — «1»). Мнения курящих и некурящих респондентов по многим позициям не совпадали ( $U = 278$ ;  $p = 0,002$ ).

Таблица 1. — Оценка эффективности проводимых в стране мероприятий по профилактике табакокурения

Оценка эффективности проводимых мероприятий по профилактике табакокурения	Курящие, % ответов	Некурящие, % ответов
Отсутствует	15,8	0
Низкая эффективность	73,7	56,9
Средняя эффективность	10,5	33,3
Высокая эффективность	0	9,8

На основе полученных данных можно отметить, что на распространение табакокурения в наибольшей степени влияют доступность приобретения табачных изделий (так считают 63,2 курящих и 76,5% некурящих соответственно,  $p > 0,05$ ); низкие цены на табачные изделия, недостаточное противотабачное просвещение и воспитание, наличие моды на курение — частота ответов курящих и некурящих по всем перечисленным позициям также значительно не отличается ( $p > 0,05$ ). Единственный ответ, который некурящие выбирали значительно чаще курящих: неправильное воспитание в семье (60,8% ответов) — почти в 3 раза больше, чем курящие; Yates corrected  $\chi^2 = 7,22$ ;  $p = 0,007$ ). Роль семьи неоднократно подчеркивалась участниками нашего опроса (таблица 2). Так, респонденты были единодушны в оценке высокой значимости (эффективности) семьи в табачном противостоянии ( $U = 378,5$ ;  $p = 0,624$ ).

Таблица 2. — Оценка эффективности институтов общества в профилактике табакокурения курящими и некурящими респондентами

Оценка эффективности институтов общества в профилактике табакокурения	СМИ		Учреждения образования		Медицинские учреждения		Семья	
	курящие, % ответов	не курящие, % ответов	курящие, % ответов	не курящие, % ответов	курящие, % ответов	не курящие, % ответов	курящие, % ответов	не курящие, % ответов
Отсутствует	29,1	6,1	25,0	4,1	0	2,0	0	2,1
Низкая эффективность	47,1	44,9	37,5	28,6	64,7	32,7	17,6	18,8
Средняя эффективность	17,6	28,6	37,5	46,9	29,4	49,0	35,3	20,8
Высокая эффективность	5,9	20,4	0	20,4	5,9	16,3	47,1	58,3

В то же время при оценке эффективности СМИ как направления по профилактике и борьбе с табакокурением курящие были довольно критичны: треть респондентов считала, что эффект данной работы отсутствует. На ее низкую эффективность указывали представители каждой из групп. В целом эффективность СМИ в профилактике табакокурения курящие оценивали достоверно ниже, чем некурящие ( $U = 259,5$ ;  $p = 0,014$ ). Аналогичная разница мнений курящих и некурящих наблюдается относительно оценки деятельности по профилактике табакокурения учреждений образования ( $U = 223$ ;  $p = 0,006$ ) и медицинских учреждений ( $U = 284$ ;  $p = 0,042$ ) (таблица 2). Вместе с тем респонденты в целом довольно часто указывали на отсутствие эффекта в антитабачной деятельности учреждений образования. По нашему мнению, критичное отношение курящих врачей к деятельности учреждений образования объясняется личным опытом, на который мы указывали выше: большая часть начала курить в школе или в вузе. К сожалению, несмотря на незначительную долю ответов об отсутствии эффекта профилактических мероприятий медицинских учреждений, эффективность этой деятельности многими оценена как низкая.

Курящие и некурящие респонденты почти единодушны в том, что основная контролирующая функция за реализацией антитабачных мероприятий должна принадлежать органам МВД (74,29% ответов по общей совокупности опрошенных). На контролируемую роль самих граждан респонденты указывали только в 32,86% ответов: гораздо чаще так считали некурящие респонденты (39,2 и 15,8% ответов; Yates corrected  $\chi^2 = 9,49$ ;  $p = 0,002$ ). Данная позиция (стремление большей части респондентов переложить контроль за реализацией антитабачных мероприятий на органы МВД) еще раз, по нашему мнению, подчеркивает масштаб и опасность табачной эпидемии.

**Заключение.** Приобщенность врачей к табакокурению и наличие мотивационной установки у части курящих врачей на продолжение курения свидетельствует о серьезности проблемы табачной эпидемии для Республики Беларусь.

В ответах респондентов отмечается довольно низкая эффективность проводимых в стране мероприятий по профилактике табакокурения, а также деятельности по профилактике табакокурения большинства институтов общества (СМИ, учреждения образования, медицинские учреждения).

На сегодняшний день нуждаются в совершенствовании различные направления деятельности, направленные на борьбу с табакокурением, в т. ч. меры экономического воздействия.

Учитывая напряженность труда, а также высокие психоэмоциональные нагрузки в работе врачей, необходимо использовать разнообразные методы, способствующие оптимизации труда медицинских работников и психологической разгрузке. Данное направление работы должно рассматриваться как один из способов противодействия табакокурению.

#### Литература

1. Рамочная конвенция ВОЗ по борьбе против табака. Руководящие принципы осуществления / ВОЗ. — Женева: FCTS, 2013. — 142 с.
2. О государственном регулировании производства, оборота и потребления табачного сырья и табачных изделий: Декрет Президента Респ. Беларусь, 17 дек. 2002 г., № 28 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр». — Минск, 2016.
3. Доклад ВОЗ о глобальной табачной эпидемии, 2011 год: Предупреждение об опасностях, связанных с табаком [Электронный ресурс] / ВОЗ. — 2011. — Режим доступа: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44616/10/9789244564264\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44616/10/9789244564264_rus.pdf). — Дата доступа: 07.07.2016.

### THE RESEARCH OF SMOKING PREVALENCE AND ESTIMATION AMONG THE PHYSICIANS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

*Schaveleva M.V., Vyazmin A.M., Shvab L.V., Romanova A.P., Shpakovskaya E.V.*

*State Educational Institution "The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education", Minsk, Republic of Belarus*

A tobacco epidemics has been recognized by the World Health Organization (WHO) to create a global threat for the mankind. Smoking is dangerous for the Republic of Belarus too. The previously conducted studies showed that there are physicians among smokers together with other categories of people. In other words these are the people who are very well aware of the negative consequences of tobacco smoking and numerous international documents accepted by the WHO and other organizations aimed at prophylaxis and anti-smoking campaigns due to their professional knowledge and professional activity. The article demonstrates the results of the physicians questionnairing (70 people), the investigation instrument was the authors' questionnaire which consists of 36 items. The obtained data were processed using the methods of parametric and non-parametric statistics.

**Keywords:** (tobacco) smoking, physicians, health, anti-tobacco measures.

Поступила 08.07.2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ГИГИЕНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>3</b>
НОВЫЙ МЕТОД ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОМБИНИРОВАННОГО ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НАСЕЛЕНИЕ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ ИХ СОВМЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ Быкова Н.П., Зиновкина В.Ю., Щербинская И.П., Дроздова Е.В., Соловьева И.В., Арбузов И.В., Кравцов А.В., Баслык А.Ю., Грузин А.А. ....	3
ЭФФЕКТЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА (1800 МГЦ) НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС-САМЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ ОБЛУЧЕННЫХ РОДИТЕЛЕЙ Верещако Г.Г., Чуешова Н.В., Цуканова Е.В. ....	5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ Дзержинская Н.А. ....	9
К ВОПРОСУ ОБ ОБРАЗОВАНИИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫХ И ЭМЕРДЖЕНТНЫХ), ИХ ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ И КАНЦЕРОГЕННЫХ СВОЙСТВАХ: ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ Дроздова Е.В., Бурая В.В., Гирина В.В., Суровец Т.З., Фираго А.В. ....	12
ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИЙ <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i> В СМЫВАХ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ Дудчик Н.В., Федоренко Е.В., Коломиец Н.Д., Тонко О.В., Ханенко О.Н. ....	16
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ФАКОТРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ ТЕСТ-МОДЕЛЕЙ Дудчик Н.В., Шевляков В.В., Емельянова О.А., Нежвинская О.Е. ....	18
ОЦЕНКА МУТАГЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ПОЛИСТИРОЛА И СИЛИКОНА В ТЕСТЕ ЭЙМСА Емельянова О.А., Дудчик Н.В. ....	20
ИССЛЕДОВАНИЯ БАКТЕРИЦИДНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТЕСТ-МОДЕЛИ Клебанов Р.Д., Нежвинская О.Е., Коноплянко В.А., Дудчик Н.В., Грузин А.А. ....	23
ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ И ПЕРСОНАЛА ОТ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В 2015 г. Корчик Т.В., Гиндюк В.В. ....	27
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ПРАКТИКЕ НАДЗОРА ЗА КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Крупская Д.А., Урбан Ю.Е., Кондрескул И.В., Амвросьев П.А. ....	29
УРОВНИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ Липницкий Л.В., Нечай С.В., Кирдун Е.В. ....	31
ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА БОЛЕЗНИ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ НАСЕЛЕНИЯ г. ХЕРСОНА Липовецкая Е.Б. ....	36
ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ФРАКЦИЯМИ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ ( $PM_{10}$ И $PM_{2,5}$ ) В РАЙОНЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ТЭС Маремуха Т.П., Петросян А.А. ....	39
ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ АГРЕССИИ УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ Нежвинская О.Е. ....	42
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС Николаенко Е.В., Кавецкий А.С. ....	44
РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ОЦЕНКИ «НУЛЕВОГО» ФОНА ВОКРУГ БЕЛОРУССКОЙ АЭС Николаенко Е.В., Кляус В.В. ....	49
ИССЛЕДОВАНИЯ ФОНОВОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. ....	53
КРИТЕРИИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ Роздяловская Л.Ф., Николаенко Е.В., Сычик С.И. ....	56

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНВЕРСИИ ОКСИДА АЗОТА В ДИОКСИД ПРИ РАССЕЙВАНИИ ДЫМОВОГО ФАКЕЛА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ Соколов С.М., Федорович С.В., Позняк И.С., Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д. ....	60
К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРВООЧЕРЕДНОГО НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ Соколов С.М., Просвирыкова И.А., Гриценко Т.Д., Ганькин А.Н., Пшегорода А.Е. ....	62
ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ Шевчук Л.М., Дзержинская Н.А. ....	64
<b>ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ .....</b>	<b>68</b>
ИЗУЧЕНИЕ ОПЫТА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ «ПОВЕДЕНИЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В ОТНОШЕНИИ ЗДОРОВЬЯ» (HSBC) Борисова Т.С., Занкевич И.Г. ....	68
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОБУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ Борщенская Т.И., Бацукова Н.Л., Сазановец А.В., Ободова В.А. ....	71
ФАКТОРЫ ШКОЛЬНОЙ СРЕДЫ И РЕЖИМА ПИТАНИЯ В ГЕНЕЗЕ НЕВРОТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ У ДЕТЕЙ СРЕДНЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА Гозак С.В., Елизарова Е.Т., Парац А.Н., Филоненко О.О., Шумак О.В. ....	73
МОДЕЛЬ ШКОЛЫ ЗДОРОВЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Гузик Е.О., Гресь Н.А. ....	78
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАЦИОНА ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ 10–12 ЛЕТ, ПРОЖИВАЮЩИХ В г. МИНСКЕ Гузик Е.О., Коледа А.Г. ....	82
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В БИОСУБСТРАТАХ ДЕТЕЙ г. МИНСКА Дребенкова И.В., Зайцев В.А. ....	86
ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И УРОВНЯ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ Мельникова Е.И., Гузик Е.О. ....	88
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСАМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ Полька Н.С., Коблянская А.В., Склярченко К.А. ....	93
К ВОПРОСУ О ТАБАКОКУРЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ПОДРОСТКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Пронина Т.Н., Сычик С.И., Грекова Н.А., Полянская Ю.Н. ....	97
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ И КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ МЕДИЦИНСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ В ДИНАМИКЕ ОБУЧЕНИЯ Сергета И.В., Панчук А.Е., Макаров С.Ю. ....	102
ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ В ЛЕТНИХ ЗАГОРОДНЫХ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ КАК КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЗДОРОВЛЕНИЯ Сидукова О.Л., Гузик Е.О. ....	106
ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ И ВОСПИТАНИЕ ПОДРАСТАЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ПЕРВИЧНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ОСНОВНЫХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ Солтан М.М., Борисова Т.С., Бобок Н.В. ....	111
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕВУШЕК, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ Тятенкова Н.Н., Уварова Ю.Е. ....	114
<b>ГИГИЕНА ПИТАНИЯ .....</b>	<b>118</b>
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И БЕЗВРЕДНОСТЬ КАШ БЫСТРОРАСТВОРИМЫХ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОЦЕНКИ НА <i>TETRAHYMENA PYRIFORMIS</i> Бондарук А.М., Свинтилова Т.Н., Журихина Л.Н., Долгина Н.А., Цыганков В.Г. ....	118
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТАМИНАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ Долгина Н.А., Федоренко Е.В., Бондарук А.М., Бельшева Л.Л., Цемборевич Н.В., Кедрова И.И., Журихина Л.Н., Лихошва О.Н., Дурманова С.А., Славинский А.В., Богущкая Е.В. ....	123
ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА БЕЗВРЕДНОСТИ БАД, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКАМИ ЙОДА, НА <i>TETRAHYMENA PYRIFORMIS</i> Журихина Л.Н., Бондарук А.М., Свинтилова Т.Н., Цыганков В.Г. ....	126
ОЦЕНКА БАЛАНСА МАКРОНУТРИЕНТОВ В РАЦИОНАХ ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА Кедрова И.И., Дурманова С.А., Славинский А.В., Федоренко Е.В. ....	131

ОСНОВНОЙ ОБМЕН КАК МЕТОД ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ ПИТАНИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ СПОРТСМЕНОВ Лавинский Х.Х., Борисевич Я.Н. ....	135
ЭНДОГЕННЫЕ ПОТЕРИ БЕЛКОВ ПАЦИЕНТАМИ С ХРОНИЧЕСКИМ ПАНКРЕАТИТОМ Лавинский Х.Х., Рябова Н.В. ....	140
ОЦЕНКА ЛИПИДНОГО КОМПОНЕНТА РАЦИОНОВ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА Лихошва О.Н., Цыганков В.Г. ....	143
НУТРИТИВНЫЙ СТАТУС ПАЦИЕНТОВ С ОСЛОЖНЕННЫМ ТЕЧЕНИЕМ ВНЕГОСПИТАЛЬНЫХ ПНЕВМОНИЙ Светлицкая О.И., Канус И.И., Коледа А.Г. ....	147
ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ДИФFUЗНОЙ АЛОПЕЦИИ КАК ЭТИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР АЛИМЕНТАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ Скадорва В.В. ....	152
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Тонко О.В., Коломиец Н.Д., Федоренко Е.В., Дудчик Н.В., Филонов В.П., Ханенко О.Н. ....	156
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Федоренко Е.В., Шуляковская О.В., Войтенко С.И., Авсянкина И.О., Бельшева Л.Л., Коломиец Н.Д. ....	159
<b>МЕДИЦИНА ТРУДА .....163</b>	
ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Адилов У.Х. ....	163
ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА У МЕХАНИЗАТОРОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА Бакуткин В.В., Данилов А.Н. ....	166
СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИКО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВЕРТЕБРОНЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ТРАКТОРИСТОВ-МАШИНИСТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА Безрукова Г.А., Данилов А.Н., Новикова Т.А., Шалашова М.Л., Райкин С.С. ....	168
АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПАРЕНТЕРАЛЬНЫМИ ВИРУСНЫМИ ГЕПАТИТАМИ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Зеленко А.В., Федорович С.В., Семушина Е.А., Щербинская Е.С., Симончик Е.П., Синякова О.К. ....	173
ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ФАКТОРА, ФОРМИРУЮЩЕГОСЯ В КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ БЕЛАРУСИ ЗА СЧЕТ РАДИОКАЛИЯ Косяченко Г.Е. ....	175
ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ Косяченко Г.Е., Тишкевич Г.И., Иванович Е.А., Николаева Е.А., Гиндюк А.В. ....	178
СОСТОЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ Косяченко Г.Е., Яковлев С.Е., Тишкевич Г.И., Иванович Е.А., Николаева Е.А., Ракевич А.В. ....	182
АНАЛИЗ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЛЕОСРЕДЫ НАЗЕМНЫХ ГАЛО- И СПЕЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР Николаева Е.А., Тишкевич Г.И., Косяченко Г.Е. ....	185
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ВОДИТЕЛЕЙ-ОПЕРАТОРОВ АВТОКРАНОВ, АВТОВЫШЕК И МОБИЛЬНЫХ ПОДЪЕМНЫХ ПЛАТФОРМ Соловьева И.В., Сычик С.И., Кравцов А.В., Дроздова Е.В., Арбузов И.В., Баслык А.Ю., Быкова Н.П. ....	188
ДОНОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ Сычик С.И., Зеленко А.В., Синякова О.К., Семушина Е.А. ....	190
<b>ТОКСИКОЛОГИЯ .....193</b>	
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ НЕПОЛОВОЗРЕЛЫХ КРЫС ЭКСТРАКТА ИЗ ТАБАЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ СУБХРОНИЧЕСКОМ АЛИМЕНТАРНОМ ПОТРЕБЛЕНИИ Адамович А.В., Шевляков В.В., Римжа Е.А., Шерстюк Г.В., Швед И.А., Юрага Т.М. ....	193
АЛЛЕРГЕННЫЕ И ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСИ ФОРМАЛЬДЕГИДА И СТИРОЛА Богданов Р.В., Соболев Ю.А., Эрм Г.И. ....	197

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ФОРМАЛЬДЕГИД-СТИРОЛЬНОЙ СМЕСИ В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ Богданов Р.В., Герасимович А.И. ....	200
ТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ШЛАМОВ НА МОЛЛЮСКА <i>LYMNAEA STAGNALIS</i> Борис О.А., Илюкова И.И., Шевцова С.Н., Мартынов В.В. Поликарпова Л.В., Дроганова Т.С., Петрова С.Ю., Гомолко Т.Н. ....	204
МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭМБРИОТОКСИЧНОСТИ ОТХОДОВ В ТЕСТ-МОДЕЛИ <i>LYMNAEA STAGNALIS</i> Борис О.А., Илюкова И.И., Шевцова С.Н., Петрова С.Ю., Гомолко Т.Н. ....	206
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Василькевич В.М., Соболев Ю.А., Филонов В.П. ....	210
МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ВРЕДНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ Власенко Е.К., Грынчак В.А., Васильева М.М., Рябцева С.Н. ....	213
НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ СОДЕРЖАНИЯ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ СЫРЬЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЪЕКТАХ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА Власенко Е.К., Грынчак В.А., Попель А.А., Кисель М.А. ....	217
ИЗУЧЕНИЕ МУТАГЕННЫХ И ЦИТОТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВАРИЙНО ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РЯДА НИТРИЛОВ В ОПЫТАХ <i>IN VIVO/IN VITRO</i> Деменкова Т.В., Анисович М.В., Лисовская Г.В., <u>Войтович А.М.</u> ....	221
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИЗОСОМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЕЧЕНИ ПРИ ВНЕПЕЧЕНОЧНОМ ХОЛЕСТАЗЕ В СТАДИЮ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ Зиновкина В.Ю., Глинская Т.Н. ....	222
ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ГЕНЕРИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДНЫХ ПРОДУКТОВ Илюкова И.И., Грынчак В.А., Анисович М.В., Попель А.А., Васильева М.М. ....	225
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НОВОГО АГРОХИМИКАТА Истомин А.В., Румянцев А.А., Ветрова О.В., Михайлов И.Г., Федина И.Н. ....	228
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА, СТИРОЛА И ИХ БИНАРНОЙ СМЕСИ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ Колеснева Е.В., Богданов Р.В., Соболев Ю.А. ....	231
ВЛИЯНИЕ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС В ТЕСТЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ» В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ Орленкович Л.Н. ....	234
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОИНСЕКТИЦИДА ЭНТОМОФТОРИНА НА МИКРОБИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ Орленкович Л.Н. ....	237
КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ОПАСНОСТЕЙ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ — ГЕРБИЦИДА «ПАРАДОКС, ВРК» (120 г/л ИМАЗАМОКС), АДЪЮВАНТА АДЪЮ, Ж (900 г/дм <sup>3</sup> ЭТОКСИЛАТА ИЗОДЕЦИЛОВОГО СПИРТА) Петрова С.Ю., Илюкова И.И., Гомолко Т.Н., Борис О.А. ....	242
ОСОБЕННОСТИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ КЛИНДАМИЦИНА ФОСФАТА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ Соболев Ю.А., Чайковская И.А., Пшегорода А.Е., Василькевич В.М., Эрм Г.И., Ушков А.А. ....	247
ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ-ПРОДУЦЕНТОВ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ИХ ОСНОВЕ Филонюк В.А., Шевляков В.В. ....	250
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМ СРЕДСТВАМ Чайковская И.А., Колеснева Е.В., Ковшова Т.В. ....	254
САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШЕРСТЯНОЙ ПЫЛИ И ЭКСТРАКТОВ ИЗ НЕЕ, ИХ ТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ОСТРЫХ ОПЫТАХ Шевляков В.В., Михайлова Н.Н., Эрм Г.И., Чернышова Е.В., Новицкая Т.В., Дудчик Н.В., Емельянова О.А., Грушевская М.А. ....	257
ИММУНОТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «СТИМУЛ» ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА БЕЛЫХ КРЫС Шевляков В.В., Филонюк В.А., Эрм Г.И., Чернышова Е.В., Студеничник Т.С., Ушков А.А. ....	260

<b>САНИТАРНАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ .....</b>	<b>266</b>
СПОСОБ ЭКСТРАКЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ Бельшева Л.Л., Шуляковская О.В., Федорова Т.А., Богущая Е.В., Башун Т.В. ....	266
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО КОЛИЧЕСТВА ГЕРБИЦИДА ТРИБЕНУРОН-МЕТИЛА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ Бондаренко Е.П., Голуб А.А. ....	268
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБОКСИНА И ТИРАМА ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ Голуб А.А., Кузовкова А.А. ....	270
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИМЕТИЛФТАЛАТА И ДИЭТИЛФТАЛАТА В ВОЗДУШНЫХ ВЫТЯЖКАХ Ивашкевич Л.С., Ковшова Т.В., Вашкова О.Н. ....	273
УСЛОВИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОБ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ГЛИФОСАТА В МОЛОКЕ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ДЕТЕКЦИЕЙ Кузовкова А.А., Новицкая Т.В., Филонов В.П. ....	277
СПОСОБ ОЧИСТКИ ЭКСТРАКТА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АФЛАТОКСИНА М <sub>1</sub> В МОЛОКЕ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ МЕТОДОМ ВЭЖХ Федорова Т.А., Бельшева Л.Л., Шуляковская О.В. ....	280
<b>ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА .....</b>	<b>283</b>
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ (НА ПРИМЕРЕ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ «ЗДОРОВЬЕ НАЦИИ») Сердюк А.М., Коблянская А.В., Скляренко Е.А. ....	283
ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ «СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЕ» (2013–2015 гг.) Сычик С.И., Шевчук Л.М., Ивко Н.А., Итпаева-Людчик С.Л. ....	286
ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»: 2011 г. — 1 ПОЛУГОДИЕ 2016 г. Сычик С.И., Шевчук Л.М., Итпаева-Людчик С.Л., Ивко Н.А. ....	290
СОБЛЮДЕНИЕ ГИГИЕНЫ РУК РАБОТНИКАМИ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФЕКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Ханенко О.Н., Коломиец Н.Д., Тонко О.В., Гойлова А.В., Филонов В.П. ....	294
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ АЛЛЕРГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У ДЕТЕЙ г. ГРОДНО И ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНА. ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ АЛЛЕРГИИ Шпаков А.И., Агиевец О.В. ....	296
ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И МНЕНИЯ О КУРЕНИИ СРЕДИ ВРАЧЕБНОГО СООБЩЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Щавелева М.В., Вязьмин А.М., Романова А.П., Шваб Л.В., Шпаковская Е.В. ....	300

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ЗДОРОВЬЕ**

**И**

**ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**

Сборник научных трудов

выпуск 26

Ответственный за выпуск О.С. Капранова

Редактор О.С. Капранова

Корректор О.С. Капранова

Компьютерная верстка С.Л. Абрамович, Д.В. Сивуров

Обработка иллюстраций С.Л. Абрамович

Подписано в печать 14.11.2016. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 36,03. Уч.-изд. л. 37,20.  
Тираж 115 экз. Заказ № 15.

Выпущено по заказу Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены»

Издатель и полиграфическое исполнение:  
государственное учреждение  
«Республиканская научная медицинская библиотека».  
Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/340 от 02.06.2014, № 2/186 от 12.07.2016.  
Ул. Фабрициуса, 28, 220007, г. Минск.  
Тел./факс: 216-23-33.  
E-mail: med@med.by  
www.med.by