

Актуальность:

Обеззараживание воды в системах централизованного водоснабжения – это неотъемлемый для снижения рисков передачи инфекционных заболеваний этап водоподготовки. В то же время применение реагентных и комбинированных методов обеззараживания сопровождается образованием в воде побочных продуктов дезинфекции, в том числе тригалометанов (хлороформа, дихлорбромметана, хлордибромметана и бромформа). Данные вещества при совместном хроническом воздействии даже в низких и следовых концентрациях потенциально обуславливают риски здоровью экспонированного населения, включая отдаленные эффекты. Изучаемые соединения повышают риски развития нарушений течения беременности, рака мочевого пузыря и прямой кишки. Оценка фактического воздействия тригалометанов на организм человека является более сложной задачей из-за сложного композиционного состава смесей побочных продуктов дезинфекции, а также множественности путей их воздействия (тригалометаны поступают в организм перорально, ингаляционно и транскутанно при гигиенических процедурах, домашней работе), различий в индивидуальных и межличностных сценариях водопользования, особенностей токсикокинетики и токсикодинамики. Повышение надежности оценки рисков здоровью населения при воздействии поллютантов может идти по пути применения данных о внутренней дозе, оцененной на основании содержания во внутренних средах организма вещества либо его метаболитов. Указанное определило актуальность оценки внутренней экспозиции тригалометанами.

Цель работы:

Провести исследования по определению хлороформа в крови человека как биомаркера экспозиции побочными продуктами дезинфекции питьевой воды в условиях республики.

Материалы и методы:

- **определение хлороформа в 662 пробах питьевой воды** согласно ИСО 10301–1997. «Качество воды. Определение летучих галоидзамещенных углеводородов. Методы газовой хроматографии»;
- **разработка и валидация метода** газовой хроматографии-масс-спектрометрии низкого разрешения **для определения хлороформа в биологических жидкостях**;
- **анализ хлороформа в 197 образцах периферической крови** добровольцев в возрасте 18–40 лет (150 проб у волонтеров на территории наблюдения и 47 проб на контрольной территории).

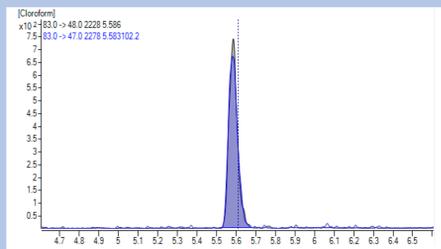
Опытные территории – микрорайоны г. Минска с различными условиями питьевого водопользования:

- **территория наблюдения** – Московский и Фрунзенский районы (водоснабжение из поверхностного источника с применением хлора);
- **контрольная территория** – Первомайский район, (водоснабжение из подземных источников).

Результаты и их обсуждение:

Условия хроматографирования:

- ✓ хроматограф газовой АGILENT 7890 с масс-спектрометрическим детектором типа «тройной квадруполь» АGILENT 7000 (Thermo Fisher Scientific, США);
- ✓ колонка хроматографическая TR WAXMS длиной 30 м, с внутренним диаметром 0,25 мм, покрытая слоем 5% дифенил / 95% диметилполисилоксана и толщиной 0,25 мкм (Thermo Scientific, США, кат. № 260X142P или аналог);
- ✓ температура испарителя: 230 °С;
- ✓ температура линии переноса пробы: 260 °С;
- ✓ режим ввода пробы в колонку: с делением потока 10:1;
- ✓ объем вводимой пробы: 2 мкл;
- ✓ газ-носитель: гелий;
- ✓ режим потока газа-носителя: постоянный поток;
- ✓ скорость потока газа-носителя: 1,0 мл/мин.



Хроматограмма валидационного образца с внесенной концентрацией хлороформа 0,1 нг/мл

Содержание хлороформа в крови, мг/л

- различия между группами **статистически значимы** ($U = 2336, p < 0,01$)
- **в группе наблюдения:**
0,03 - 0,54 нг/мл (100 % проб),
Me 0,15 нг/мл [0,11; 0,20], P95 0,27 нг/мл
- **в контрольной группе**
от 0,00 до 0,37 нг/мл, P95 0,13 нг/мл.



- выявленные концентрации хлороформа в крови не превышали реперные концентрации, предложенные российскими учеными (0,0004 мг/л) по повышению содержания в крови аспартатаминотрансферазы

- **модель линейной зависимости $y = 0,1673x + 0,1427$** позволяет прогнозировать [ХФ] в крови населения от содержания в воде
 - (в пределах ПДК) и наоборот
[ХФ] в воде 0,1 мг/л (0,5 ПДК) => в крови ≈0,16 нг/мл

Выводы:

Определение хлороформа в цельной крови населения может использоваться как информативный биомаркер кумулятивной экспозиции, учитывающий реальные сценарии воздействия для индивидуумов или популяционных групп за период времени экспозиции. Предложенная модель может использоваться при оценке рисков и гигиеническом нормировании для повышения надежности оценок и снижения неопределенностей в дополнение к моделируемым сценариям на основании стандартных факторов экспозиции.