

МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННОГО С МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРОМ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

METHOD OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF HEALTH RISKS ASSOCIATED WITH MICROBIOLOGICAL FACTORS IN DRINKING WATER

**Т. З. Суровец, Е. В. Дроздова, А. В. Фираго,
T. Suravets, A. Drazdova, H. Firaho**

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
Минск, Республика Беларусь
water@rspch.by*

Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene», Minsk, Republic of Belarus

Аспекты оценки микробиологических рисков, ассоциированных с водным фактором, в Республике Беларусь не изучались, национальная методология оценки рисков здоровью от микробиологического фактора в питьевой воде отсутствует. В работе представлены научно обоснованные подходы к выбору репрезентативных патогенных микроорганизмов в воде для бактерий, вирусов и простейших с учетом различий их свойств, поведения в водной среде и чувствительности к методам водоподготовки, применяемых в условиях республики. В качестве индикаторного агента для оценки рисков вирусной контаминации питьевой воды обоснована роль аденовируса и методика его количественной детекции в воде. Полученные данные и результаты исследований позволили научно обосновать метод количественной оценки риска здоровью, ассоциированного с микробиологическим фактором в воде.

Aspects of assessing microbiological risks associated with the water factor have not been studied in the Republic of Belarus; there is no national methodology for assessing health risks from the microbiological factor in drinking water. The paper presents evidence-based approaches to the selection of representative pathogenic microorganisms in water for bacteria, viruses and protozoa, taking into account differences in their properties, behavior in the aquatic environment and sensitivity to water treatment methods used in the conditions of the republic. As an indicator agent for assessing the risks of viral contamination of drinking water, the role of adenovirus and the method of its quantitative detection in water are substantiated. The data obtained and the results of the research made it possible to scientifically substantiate the method of quantitative assessment of the health risk associated with the microbiological factor in water.

Ключевые слова: питьевая вода, микробиологический фактор, оценка рисков здоровью.

Keywords: drinking water, microbiological factor, health risk assessment.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-263-266>

Учитывая эффективность действующей системы государственного надзора и достигнутый уровень высокого охвата населения Республики Беларусь централизованными системами питьевого водоснабжения, настоящий уровень санитарно-эпидемиологического благополучия населения в области питьевого водопользования характеризуется отсутствием с 2003 г. вспышек водно-ассоциированных инфекционных заболеваний, что позволяет говорить о надлежащем уровне защиты населения и низких рисках здоровью. За последние годы система совершенствовалась, разработаны и внедрены в практику требования качества и безопасности упакованных вод, актуализируются показатели химической безопасности питьевых вод, требования к мониторингу в системах водоснабжения. Действующая система регламентации безопасности питьевого водопользования, основанная на традиционных подходах, не в полной мере отвечает современным тенденциям совершенствования нормативной правовой базы. Современные тенденции в нормативно-правовой базе (Декрет № 7 от 23 ноября 2017 г. «О развитии предпринимательства», изменения в Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», вступление Республики Беларусь в ВТО) требуют совершенствования подходов гигиенической регламентации, главным образом, по пути внедрения методологии количественной оценки рисков здоровью.

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования систем надзора за безопасностью жизнедеятельности является внедрение методических подходов к анализу рисков здоровью, так называемого риск-ориентированного надзора. Методики количественной оценки, позволяющие представить данные в доступном для понимания одно числовом виде и оценить ситуацию в динамике, представляют особый интерес. Данный аспект остается актуальным и требует имплементации новых современных подходов, несмотря на положительную динамику в области обеспечения безопасности воды в эпидемиологическом отношении. Данные научных зарубежных и русскоязычных источников свидетельствуют, что контроль безопасности питьевого водоснабжения на основе индикаторных микробиологических показателей безопасности не всегда достаточен [1, 2, 3]. В допол-

нение к традиционному надзору на основе индикаторных показателей в питьевом водоснабжении и рекреационном водопользовании Всемирная организация здравоохранения рекомендует применение методик количественной оценки микробиологических рисков (далее – QMRA).

В эпидемическом отношении традиционная оценка безопасности питьевой воды проводится по перечню индикаторных показателей безопасности (фекальных индикаторных бактерий). В то же время по данным проведенных оценок (научных и результатов текущего мониторинга в странах) показано, что такая система не в полной мере позволяет обеспечить безопасность поскольку:

1) контроль подаваемой населению воды только по индикаторным бактериологическим показателям недостаточен в связи с тем, что вирусы и паразиты являются значительными микробиологическими опасностями в питьевой воде; их судьба и транспорт в окружающей среде и процессы водоочистки существенно отличаются от фекальных индикаторных бактерий. При этом вспышки воднообусловленных заболеваний встречались, в то время как вода по фекальным индикаторным бактериям соответствовала установленным нормативам.

Российскими учеными (Рахманин Ю.А. с соавт., 2016) [2] поднимается вопрос о снижении санитарно-гигиенической и эпидемической надежности используемых индикаторных микробиологических показателей безопасности (общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)) в сравнении с используемым ранее (глюкозоположительные кишечные палочки), что сопровождается ростом заболеваемости острыми кишечными инфекциями, обусловленными водным фактором, в том числе неустановленной этиологии. Данный аспект соотносится с заключениями американских и европейских ученых на основании данных мониторинга: в период 1991–1998 гг. по данным американских аналитиков на трех территориях США более половины из 126 водных вспышек острых кишечных инфекций выявлялись при нулевых значениях ОКБ и ТКБ, что не позволило предотвратить случаи заболевания населения и вспышечную заболеваемость;

2) к тому времени, как исследования по фекальным индикаторным бактериям выявляют проблему для здоровья (длительность исследований – 3 суток), экспозиция уже произошла (запоздалая информированность) («to little, too late»).

Ряд зарубежных стран, которые широко используют поверхностные источники водоснабжения, апробировали и на законодательном уровне имплементировали принципиально новые подходы – Канада, США, Нидерланды, Австралия Новая Зеландия. Представлялось интересным разработка и применение адаптированной к национальным особенностям методики для оценки количественных рисков, ассоциированных с водным фактором.

Целью исследования являлось обоснование методических подходов к количественной оценке микробиологических рисков здоровью, ассоциированных с водой, с учетом региональных особенностей.

Исследования выполнялись в рамках задания 01.03 «Научно обосновать и внедрить метод интегральной оценки рисков здоровью, ассоциированных с водопользованием» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 годы. Проведено углубленное изучение современной доказательной базы – научных публикаций авторитетных научных организаций (русскоязычных и зарубежных), официальных руководств ВОЗ, и иных международных организаций и национальных руководств стран ближнего и дальнего зарубежья [1-5].

Выполнены лабораторные исследования проб воды из источников питьевого водоснабжения и питьевой воды на выходе в городах с численностью населения свыше 100 тысяч человек по санитарно-микробиологическим показателям (по нормируемым индикаторным стандартизованным методам; определение патогенных бактерий рода *Shigella* spp. и энтероинвазивных *E. coli* (EIEC), *Salmonella* spp., термофильных кампилобактерий (*Campylobacter* spp.) методом полимеразной цепной реакции в режиме «реального времени»), вирусологическим показателям (методом полимеразной цепной реакции энтеровирусов в соответствии со стандартной методикой, аденовирусов в соответствии с разработанной Государственным учреждением «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии» методикой), по паразитологическим показателям (наличие ооцист криптоспоридий, цист лямблий, яиц гельминтов).

По сравнению с классическими подходами принципиальное отличие QMRA заключается в том, что оценка проводится на данных о непосредственно патогенных микроорганизмах, выделяемых из воды, а не на индикаторных условно-патогенных организмах. Важной задачей при этом на первом этапе исследований в этой связи является обоснование выбора репрезентативных (референтных, индексных) патогенных микроорганизмов (далее – РМ) для бактерий, вирусов и простейших (не менее 1 представителя).

Обосновывать выбор патогенов целесообразно с учетом специфики страны. Критериями отбора, которые учитываются при выборе РМ, являются: водный путь передачи, присутствие в источнике, наличие модели дозо-зависимых реакций, данных о распространенности заболевания, инфекционность, частота возникновения инфекций и степень тяжести их течения, выживаемость во внешней среде, высокая устойчивость к водоподготовке, наличие метода определения в воде. Оптимальный выбор референтного патогена должен обеспечивать QMRA по наихудшему сценарию. На основании системного анализа научных данных обоснован первичный перечень референтных патогенов: энтеропатогенные *E. coli* и кампилобактерии (для бактерий), аденовирусы и энтеровирусы (для вирусов), лямблии и криптоспоридии (для простейших). В дальнейшем данный перечень отрабатывался с учетом комплексной оценки, которая включает анализ результатов имеющейся методической базы и собственных исследований, углубленное изучение современной научной литературы.

Известно, что аденовирусное загрязнение позволит получать более консервативные данные об опасности вирусологического загрязнения в сравнении с энтеровирусным [3-5], так как для него характерно выраженное вирусоносительство при отсутствии выраженной сезонности и широкая распространенность во внешней среде, очень высокая устойчивость к экспозиции физических и химических способов водоподготовки, особенно к длительному воздействию ультрафиолета, способность длительное время персистировать в водных объектах являются значимым источником детского гастроэнтерита, характерны низкие инфицирующие дозы. Из-за того, что аденовирусы относятся к ДНК-геномным, это облегчает их количественное определение, так как не требуется стадии обратной транскрипции для детекции [4]. Как РМ аденовирус также особенно актуален для республики, поскольку устойчив к внешнему воздействию, особенно к УФО-обеззараживанию, широко распространенному на подземных водозаборах. Разработан метод детекции аденовирусов в водной среде. Результаты сравнительных исследований проб воды из водоисточников и питьевой воды в отношении энтеровирусов и аденовирусов человека, выполненных на базе Государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии», показали, что при не выявлении энтеровирусов в более 5 % проб обнаружены ДНК аденовирусов [4], что позволило рассматривать применение аденовирусов в качестве референтного вируса.

С учетом трудностей выделения кампилобактерий было предложено сконцентрироваться на кишечной палочке как приоритетном РМ-бактериальном патогене (кампилобактерии как резерв). Учитывая, что вода может способствовать передаче некоторых простейших за счет длительного их выживания с формированием устойчивых к внешним воздействиям цист, ооцист, в настоящее время этому аспекту уделяется особое внимание как «эмерджентным патогенам» на международном уровне. Известны модели дозо-зависимой реакции для криптоспоридий и лямблий [1].

Уровень потенциальной экспозиции (количество потенциально поступающих в организм человека патогенных микроорганизмов) оценивается на основе данных об уровнях присутствия референтных микроорганизмов в воде и объема водопотребления, а вероятность инфицирования человека – с применением известных дозо-зависимых моделей реакции организма при различных путях поступления возбудителей [1,5]. Риски при этом рассчитываются с учетом реакции отдельных групп населения, в том числе, наиболее чувствительных. В QMRA используются страновые данные о продолжительности заболевания, степени его тяжести, частоте бессимптомных инфекций.

Проведенный анализ позволил разработать метод QMRA, который нашел отражение в Инструкции по применению № 020-1221 «Метод количественной оценки риска здоровью, ассоциированного с микробиологическим фактором в питьевой воде», утвержденной заместителем Министра здравоохранения – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022. Инструкция содержит полную схему и описание этапов количественной оценки микробиологического риска для здоровья населения, оригинальные рекомендации по формированию перечня референтных патогенов (включая перечень научно-обоснованных референтных патогенов для условий республики, представляющих основные уровни организации микроорганизмов). Представлена необходимая систематизированная справочная информация, приведены примеры выполнения расчетов для упрощения практического использования.

Показана целесообразность применения следующего набора референтных микроорганизмов для количественной оценки микробиологических рисков, ассоциированных с водопользованием: аденовирусы (референтный вирус), энтеропатогенные кишечные палочки, криптоспоридии и/или лямблии.

Метод QMRA может использоваться для обоснования выбора наиболее эффективных технологий водоподготовки с позиции достижения заданной степени очистки питьевой воды, а также с учетом баланса рисков химической (присутствие побочных продуктов дезинфекции воды) и микробиологической природы; обеспечения объективной информацией об установленных уровнях риска лиц, которые участвуют в принятии управленческих решений, населения и иных заинтересованных организаций; обоснования приоритетных мероприятий, направленных на устранение или снижение уровня риска для здоровья населения, достижение целевого уровня риска; обоснования нормативных требований при разработке нормативных правовых актов по обеспечению безопасности питьевого водоснабжения.

Предлагаемый метод может использоваться в дополнение к гигиенической оценке безопасности питьевого водоснабжения на основе индикаторных (условно-патогенных) микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Quantitative microbial risk assessment: application for water safety management / WHO. – Geneva, 2016. – 204 p.
2. Сравнительная оценка санитарно-эпидемической значимости индикаторных колиформных показателей качества питьевой воды / Ю. А. Рахманин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 5. – С. 582–588.
3. Перспективы применения в Республике Беларусь количественной оценки микробиологических рисков, ассоциированных с питьевой водой / Е.В. Дроздова, Т.В. Амвросьева, В.В. Бурая, В.В. Гирина, Д.С. Грек // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей : материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. С междунар. Участием / под ред. Проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. – С. 130–133.
4. Научно-экспериментальное обоснование возможности использования аденовирусов человека в качестве контролируемых агентов при анализе качества воды и оценке ее безопасности по вирусологическим показате-

лям / Т. В. Амвросьева [и др.] // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск : РИВШ, 2019. – Вып. 29. – С. 3–7.

5. Human virus and microbial indicator occurrence in public-supply groundwater systems: meta-analysis of 12 international studies / G. Shay Fout [et al.] // Hydrogeology Journal. – 2017. – Vol. 25, iss. 4. – P. 903–919.

ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КОМПЛЕКСНЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ БАРИЯ В ОРГАНИЗМ

ASSESSMENT OF HEALTH RISKS ASSOCIATED WITH THE COMPLEX INTAKE OF BARIUM

А. В. Фираго, Е. В. Дроздова, Т. З. Суровец

H. Firaho, A. Drazdova, T. Suravets

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
Минск, Республика Беларусь
water@rspch.by*

Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene», Minsk, Republic of Belarus

Особенности строения водоносных горизонтов определяют повышенное, относительно гигиенического норматива в питьевой воде (0,1 мг/л) [1], содержание бария в воде эксплуатируемых источников водоснабжения в ряде регионов Республики Беларусь. Это привело к актуализации вопроса о гигиеническом нормировании бария в питьевой воде и возможности его смягчения. В работе проведена оценка рисков здоровью населения, ассоциированного с комплексным поступлением бария в организм. По результатам изучения суммарного алиментарного поступления бария с рационом и питьевой водой в организм при различных сценариях воздействия определены уровни и приоритетные источники экспозиции. Полученные результаты оценки рисков здоровью (относительно 3 значений референтных доз) позволили обосновать возможность корректировки гигиенического норматива в сторону его «смягчения».

The features of the structure of aquifers determine the increased, relative to the hygienic standard in drinking water (0.1 mg / l) [1], the content of barium in the water of operated water supply sources in a number of regions of the Republic of Belarus. This led to the actualization of the issue of hygienic rationing of barium in drinking water and the possibility of its mitigation. The paper assesses the health risks of the population associated with the complex intake of barium into the body. Based on the results of the study of the total alimentary intake of barium with diet and drinking water into the body under various exposure scenarios, the levels and priority sources of exposure were determined. The obtained results of the assessment of health risks (relative to 3 values of reference doses) allowed us to justify the possibility of adjusting the hygienic standard in the direction of its «mitigation».

Ключевые слова: питьевая вода, пищевые продукты, барий, оценка рисков здоровью.

Keywords: drinking water, food, barium, health risk assessment.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-266-269>

Барий – вещество 2-ого класса опасности (высоко опасные вещества), действующая в республике предельно-допустимая концентрация (далее – ПДК) в питьевой воде составляет 0,1 мг/л. Вопрос корректировки ПДК бария в питьевой воде актуализировался с 2010 г. в связи с переутверждением запасов пресных вод и планированием реконструкции систем питьевого водоснабжения на крупнейших водозаборах. Удаление избытка бария из питьевой воды практически невозможно. Одним из путей решения проблемы является смешение вод из нескольких скважин, что сложно реализуемо в малых населенных пунктах [1, 2]. За последние годы за рубежом норматив бария пересматривался в сторону смягчения на основании современных данных о токсичности и доли поступления бария в организм с водой: 0,7 мг/л – Российская Федерация (с 2007 г.), Китай; 1,3 мг/л – Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) (с 2017 г., 2003-2017 гг. – 0,7 мг/л), 2 мг/л – США (с 2005 г.), Канада (с 2019 г.); в ЕС барий в воде питьевой не нормируется, в минеральных водах 1 мг/л.

Согласно данным научных публикаций пищевые продукты являются основным источником поступления бария в организм для человека [2, 3]. В то же время, значительный вклад в общее потребление бария на территориях с высокими концентрациями в воде может вносить питьевая вода. Действующая ПДК установлена с учетом 100 % вклада воды в суточное поступление бария в организм, для пересмотра норматива целесообразно изучение вклада воды в суммарное суточное поступление.