

УДК 543.3:628.1

doi:10.18720/SPBPU/2/id23-97

Новикова Юлия Александровна¹,

и.о. руководителя отдела, старший научный сотрудник;

Тихонова Надежда Андреевна²,

младший научный сотрудник;

Ракова Валерия Владимировна^{3,4},

инженер-исследователь, ассистент

АЛГОРИТМ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

^{1,2} Россия, Санкт-Петербург,

ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья»,

¹ j.novikova@s-znc.ru, ² n.tihonova@s-znc.ru;

³ Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбПУ;

⁴ Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных технологий Института компьютерных наук и технологий, ^{3,4} valeriya.rakova@spbpu.com

Аннотация. В настоящее время все больше внимания уделяется оценке химической безвредности питьевой воды. К приоритетным факторам риска для здоровья населения от употребления питьевой воды относят повышенные концентрации хлороформа, бария, кадмия, свинца, нитритов, никеля, меди, железа, марганца, кремния, аммиака, мышьяка, нитратов, сульфатов, бора, тетрахлорэтилена, стронция, тетрахлорметана, фтора. Для анализа вероятности появления неблагоприятных эффектов здоровью человека, разработки управленческих решений проводится интегральная оценка качества питьевой воды.

Ключевые слова: питьевая вода, интегральная оценка питьевой воды, неканцерогенный риск, канцерогенный риск.

*Yuliya A. Novikova*¹,
Senior Researcher, Head of the Department;
*Nadezhda A. Tikhonova*²,
Junior Researcher;
Valeria V. Rakova^{3,4},
Research Engineer, Assistant

ALGORITHM FOR THE INTEGRAL ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY

^{1,2} North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, Russia,

¹ j.novikova@s-znc.ru, ² n.tikhonova@s-znc.ru;

³ Laboratory of Industrial Systems for Streaming Data Processing of the SPbPU National Technology Initiative Center for Advanced Manufacturing Technologies, St. Petersburg, Russia;

⁴ Graduate School of Intelligent Systems and Supercomputer Technologies, Institute of Computer Science and Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, ^{3,4} valeriya.rakova@spbpu.com

Abstract. Currently, more and more attention is paid to assessing the chemical safety of drinking water. The priority risk factors for public health from the use of drinking water include elevated concentrations of chloroform, barium, cadmium, lead, nitrites, nickel, copper, iron, manganese, silicon, ammonia, arsenic, nitrates, sulfates, boron, tetrachlorethylene, strontium, carbon tetrachloride, fluorine. To analyze the probability of occurrence of adverse effects on human health, to develop managerial decisions, an integral assessment of the quality of drinking water is carried out.

Keywords: drinking water, integral assessment of drinking water, non-carcinogenic risk, carcinogenic risk.

Введение

В настоящее время в условиях нарастающей антропогенной нагрузки особенно актуальными становятся проблемы, связанные с качеством питьевой воды, а именно с ее химической безвредностью. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 75 % болезней у человека вызывает употребление и использование в бытовых целях воды, не соответствующей гигиеническим нормативам. В связи с этим особую значимость приобретает комплексная и адекватная оценка ее качества современными и объективными методами, к которым относится интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности [1, 3, 14, 15].

К приоритетным факторам риска для здоровья населения от употребления питьевой воды относят повышенные концентрации хлороформа, кадмия, свинца, нитритов, никеля, меди, железа, марганца, аммиака, мышьяка, нитратов, сульфатов, бора, тетрахлорэтилена, стронция, тетрахлорметана, фтора [4, 11]. Интегральная оценка позволяет провести анализ вероятности появления неблагоприятных

эффектов здоровью человека, может использоваться в прогнозировании изменений качества воды и для своевременной корректировки и принятия управленческих решений, направленных на обеспечение населения качественной питьевой водой, что в свою очередь снизит суммарный экономический ущерб от ухудшения здоровья населения вследствие потребления некачественной питьевой воды.

Материалы и методы. В работе были использованы результаты лабораторных исследований качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения, проводимых в рамках социально-гигиенического мониторинга, городов Кириши и Приморск Ленинградской области за 2007–2021 годы. Статистическая обработка результатов лабораторных исследований выполнена с использованием MS Excel. Были рассчитаны значения риска ольфакторно-рефлекторных эффектов ($\text{Риск}_{\text{ор}}$), канцерогенного ($\text{Риск}_{\text{канц}}$) и неканцерогенного ($\text{Риск}_{\text{нек}}$) рисков, интегрального показателя (ИП) [9]. Для оценки вероятности возникновения ольфакторно-рефлекторных эффектов питьевой воды взяты максимальные показатели 98 %-й вероятностной обеспеченности, оценки неканцерогенных и канцерогенных эффектов — среднемноголетние концентрации 95 %-й вероятностной обеспеченности. Оценка канцерогенного риска выполнена с использованием стандартных значений: ежедневное употребление питьевой воды в количестве 2 л продолжительностью воздействия 70 лет и среднем весе человека в популяции 70 кг. Также использованы результаты проведения интегральной оценки питьевой воды городов Тюмень [6], Смоленск [13], Исилькуль [10], а также поселков Рында [2] и Селятино [8].

Результаты и обсуждение

Для оценки влияния на здоровье населения рассматриваемых в исследовании городов по результатам лабораторных исследований питьевой воды была проведена интегральная оценка по показателям химической безвредности, которая включает 4 этапа:

- 1) сбор результатов лабораторных исследований качества питьевой воды и формирование электронной базы данных в соответствии с электронной базой;
- 2) расчеты показателей вероятности возникновения ольфакторно-рефлекторных эффектов, канцерогенного риска, показателя потенциальной опасности;
- 3) расчет интегрального показателя качества питьевой воды;
- 4) оценка неопределенностей.

Из перечня контролируемых были выбраны наиболее значимые показатели с медико-гигиенических позиций [12]: канцерогенного риска (по беспороговой модели); неканцерогенного риска (беспороговым методом); вероятности возникновения ольфакторно-рефлекторных эффектов (табл. 1).

Интегральная оценка питьевой воды исследуемых населенных пунктов

Населенный пункт	Значения			
	Риск _{о-р}	Риск _{нек}	Риск _{канц}	ИП
г. Кириши	1,9	0,094	2,6	4,59
п. Рында	3,99	0,76	0,38	5,13
г. Тюмень	0,078	5,86	1,04	6,98
п. Селятино (Московская область)	7,15	0,7	0,04	7,89
г. Смоленск	9,03	1,2	0,06	10,29
г. Приморск	5,4	0,27	6,6	12,27
г. Исилькуль (Омская область)	0,2	0,39	12,2	12,8

Проведенная интегральная оценка качества питьевой воды по показателям химической безвредности показала, что превышение нормативных значений риска ольфакторно-рефлекторных эффектов наблюдается в городах Кириши, Приморск, Смоленск и поселках Рында и Селятино, неканцерогенного риска в городе Тюмень и канцерогенного риска в городе Исилькуль Омской области.

Полученные результаты позволили определить территории с самыми высокими значениями интегрального показателя качества питьевой воды — города Приморск и Исилькуль. Наименьшие значения интегрального показателя в городе Кириши.

Как и при проведении оценки риска здоровья населения, при оценке качества питьевой воды населенных пунктов с использованием ИП необходимо учитывать неопределенности, связанные с формированием исходной выборки результатов лабораторных исследований, неопределенности в моделях воздействия или моделях «доза-эффект», особенно на уровне доз малой интенсивности и др. Исследования питьевой воды в вышеуказанных населенных пунктах проводились по разному перечню показателей, с разной кратностью отбора проб, единичны исследования химических веществ, обладающих канцерогенным действием. В качестве проблем, которые необходимо решить при проведении интегральной оценки, можно обозначить следующие:

- выбор показателей, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия;
- отсутствие приемлемого значения интегрального показателя;
- отторжение интегрального показателя, риска ольфакторно-рефлекторных эффектов специалистами по оценке риска здоровью населения.

Заключение

Во всех рассматриваемых населенных пунктах наблюдается превышение значений приемлемого риска хотя бы по одному из его видов, что требует принятия дополнительных мероприятий.

Проведенное исследование, а также анализ практики применения данной методологии [5, 7, 10] диктует необходимость разработки специфических подходов к оценке риска, корректировки нормативно-методических документов, разработку модель расчета риска с определением минимально необходимого количества исследований, минимально обязательного перечня учитываемых при расчете канцерогенного риска, неканцерогенного риска и риска ольфакторно-рефлекторных эффектов показателей, приемлемого значения интегрального показателя. Особенно это важно при реализации мероприятий по повышению ее качества, выбора перспективных технологий водоподготовки с учетом методологии оценки риска здоровью населения.

Список литературы

1. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064> (дата обращения: 02.11.2022).
2. Богданова В.Д., Кику П.Ф., Кислицына Л.В. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения острова Русский // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 2. – С. 28–37.
3. Доклад о состоянии здравоохранения в мире // Всемирная организация здравоохранения, 2010. – URL: http://www.who.int/whr/2010/whr10_ru.pdf (дата обращения: 02.11.2022).
4. Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101. № 10. – С. 1138–1144. – DOI 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144. – EDN СТХОКС.
5. Киселев А. В., Мельцер А. В., Ерастова Н. В. Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности на основе методологии оценки риска для здоровья населения // Профилактическая и клиническая медицина. – 2011. – Т. 3. – С. 284–287.
6. Лапшин А.П., Ванькова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т; под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2020. – Т. 1. – С. 129–136.

7. Мельцер А.В., Горбанев С.А., Ерастова Н.В. [и др.] Риск-ориентированный подход к ранжированию водопроводных станций Ленинградской области // Профилактическая и клиническая медицина. – 2016. – № 1(58). – С. 5–10. – EDN WCDQIN.

8. Михайличенко К.Ю., Коршунова А.Ю., Курбатова А.И. Интегральная оценка качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4. – С. 99–106.

9. МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности».

10. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. [и др.] Интегральная оценка качества питьевой воды Омской области // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101. – № 8. – С. 861–865. – DOI 10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865. – EDN BSIVKY.

11. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – 340 с.

12. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622285 Российская Федерация. Показатели качества питьевой воды для оценки риска здоровью населения : № 2021622186 : заявл. 18.10.2021 : опубли. 26.10.2021 / Ю. А. Новикова, В. Н. Федоров, Н. А. Тихонова [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья». – EDN ARXNAV.

13. Сидоренкова Л.М. [и др.] Интегральная оценка качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения Смоленской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2017. – Т. 16, № 1. – С. 165–172.

14. Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Ковшов А.А. Качество питьевой воды городов Бокситогорского района Ленинградской области // Гигиена, экология и риски здоровью в современных условиях : Материалы XII всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием, Саратов, 26–29 апреля 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2022. – С. 218–220. – EDN VWPXXI.

15. Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Ковшов А.А. Гигиеническая оценка водоснабжения населения города Приморска Ленинградской области // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения : Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием, Пермь, 11–15 октября 2021 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 84–88. – EDN KOJSHO.