

Геоэкологические проблемы и природопользование

УДК 504.43(045)

А.А. Артемьева

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ОБЩЕТОКСИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ УДМУРТИИ ОТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА, БОРА И ФТОРА

В рамках исследования проведен анализ количественных данных в части добычи и использования питьевых вод в разрезе административных единиц Удмуртии. Проведена оценка некоторых гидрохимических характеристик подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, и выявлены территории «риска» от несоответствия качества питьевых вод из подземных источников установленным гигиеническим нормативам по таким веществам, как железо, бор и фтор. С использованием методики оценки риска для административных территорий Удмуртии были рассчитаны уровни общетоксического риска (индексы опасности) здоровью населения в зависимости от качества потребляемой для питьевого водоснабжения воды из подземных источников.

Ключевые слова: хозяйственно-питьевое водоснабжение, качество подземных вод, бор, железо, фтор, риск здоровью населения, Удмуртия.

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-394-403

На территории Удмуртской Республики (УР) в сельских населенных пунктах достаточно остро стоит проблема качества подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения. По данным результатов санитарно-эпидемиологического мониторинга, проводимого Управлением Роспотребнадзора по УР, по состоянию на 2020 г. в сельских населенных пунктах Удмуртии подлежало эксплуатации 1936 ед. водопроводов (93 % от числа всех водопроводов по Удмуртии) [1]. При этом доля водопроводов, которые не соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям, составила 21 %, в том числе по причине износа, отсутствия комплекса очистных сооружений и пр.

Ухудшающееся санитарно-техническое состояние водопроводов, отсутствие очистных сооружений на фоне достаточно сложной природной гидрохимической обстановки в регионе, обусловленной природным несоответствием подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, установленным санитарным нормативным требованиям по таким компонентам, как железо, бор, фториды и пр., ведет к увеличению долей проб «загрязненной» воды и увеличению уровня общетоксического риска здоровью населения, проживающего на территории сельских поселений Удмуртии.

Материалы и методы исследований

Сводные данные о добыче и использовании питьевых и технических подземных вод на территории муниципальных районов Удмуртской Республики по состоянию на конец 2020 г. наиболее полно отражены в государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики в 2020 году» [2]. Анализ количественных данных в части добычи и использования питьевых вод в разрезе административных единиц Удмуртии позволяет определить долю подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении конкретного района.

Данные о санитарно-эпидемиологическом состоянии территорий, в том числе по качеству питьевого водоснабжения из подземных источников на территории сельских поселений Удмуртии, представлены в государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Удмуртской Республике в 2020 году» [1]. Анализ данных социально-гигиенического мониторинга позволяет судить об общей санитарно-эпидемиологической ситуации в регионе, а также оценить гидрохимические характеристики подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, и выявить территории «риска» по загрязнению питьевой воды.

Основным нормативным документом, регламентирующим качество подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, является СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические

нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»¹.

Алгоритм процедуры оценки общетоксического риска здоровью населения от качества подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, изложен в «Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [3]. При этом в данной методике оценка риска понимается как количественная характеристика вредных общетоксических эффектов, которые способны развиться у группы людей в результате воздействия на них какого-либо вредного фактора среды обитания или сочетания вредных факторов среды. Для оценки общетоксического риска здоровью населения от качества питьевой воды используются следующие расчетные формулы и обозначения [3]:

$$HQ = ADD/RfD, \text{ где}$$

где HQ – индекс опасности (уровень общетоксического риска), ед.;

RfD – это референтная доза поступления загрязняющего вещества, которая отражает минимальный уровень общетоксического риска, мг/кг. Данные по референтным дозам загрязняющих веществ при хроническом пероральном поступлении приведены в Приложении 2 к Руководству [3];

ADD – это среднесуточная доза поступления загрязняющего вещества с питьевой водой (мг/кг × день), которая рассчитывается по формуле:

$$ADD = (C_w \times V \times EF \times ED) / (BW \times AT \times 365),$$

Где C_w – концентрация исследуемого загрязняющего вещества в питьевой воде, мг/л;

V , EF , ED , BW , AT – стандартные показатели, согласно Р 2.1.10.1920-04 [3] составляют:

V – величина потребления питьевой воды (взрослые – 2 л/сут.)

EF – частота воздействия вредного фактора среды (350 дней/год)

ED – продолжительность воздействия вредного фактора среды (взрослые – 30 лет)

BW – масса тела (взрослые – 70 кг);

AT – период усреднения экспозиции (взрослые – 30 лет).

При этом при проведении расчёта общетоксического риска (или индекса опасности) надо принять во внимание следующую классификацию уровней рисков, представленную в Руководстве [3]: менее 0,8 – риск допустимый (не вызывает беспокойство); от 0,8 до 1 – риск предельно допустимый (вызывает беспокойство); более 1 – опасный риск.

На основании методики оценки риска Р 2.1.10.1920-04 [3] для административных территорий Удмуртии были рассчитаны уровни общетоксического риска (индексы опасности) здоровью населения в зависимости от качества потребляемой для питьевого водоснабжения воды из подземных источников.

Результаты и их обсуждение

На основании сводной информации о добыче и использовании подземных вод на территории муниципальных районов Удмуртской Республики по состоянию на конец 2020 г. [2], автором был проведен анализ данных и составлен график, отражающий объемы использования питьевых вод из подземных источников в разрезе административных единиц Удмуртии для хозяйственно-питьевого (ХПВ) и производственно-технического водоснабжения (ПТВ) (рис. 1).

Анализ данных показал, что в целом по районам Удмуртии доля подземных вод, используемых для хозяйственно-бытового водоснабжения, велика и составляет в среднем 76 %. При этом наибольшие объемы потребления подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения отмечались в Глазовском (15,1 тыс. м³/сут.), Завьяловском (12,5 тыс. м³/сут.), Можгинском (10,4 тыс. м³/сут.) и Воткинском (9,8 тыс. м³/сут.) районах, что связано прежде всего с наличием на их территории довольно крупных населенных пунктов и высокой интенсивностью хозяйственной деятельности.

Наименьшие объемы потребления подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения отмечались в Камбарском (0,68 тыс. м³/сут.), Красногорском (1,1 тыс. м³/сут.), Сюмсинском (1,22 тыс. м³/сут.) районах, что связано с малыми запасами подземных вод и невысокой численностью проживающего населения.

¹ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 2).

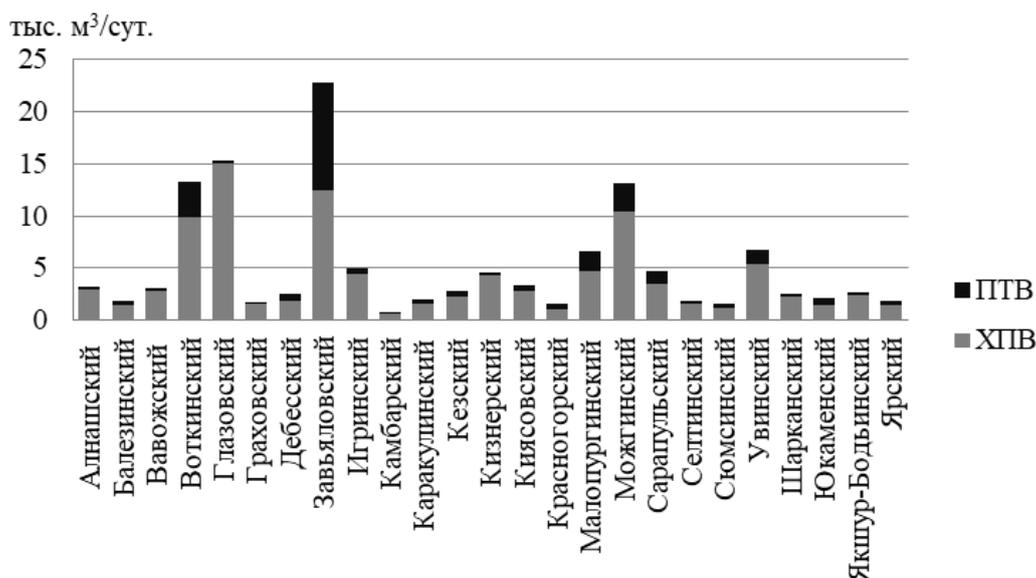


Рис. 1. Объемы использования подземных вод для хозяйственно-питьевого (ХПВ) и производственно-технического водоснабжения (ПТВ) на территории муниципальных образований Удмуртии по состоянию на конец 2020 г.

Что касается доли подземных вод, используемых для производственно-технического водоснабжения, то в целом по районам Удмуртии она не велика и составляет в среднем 23 %, достигая максимального значения только на территории Завьяловского района (45 %), где имеются достаточные запасы подземных вод и размещено множество производственных объектов.

Анализ данных мониторинга за качеством подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения [1], в рамках административных территорий Удмуртии по состоянию на 2020 г. показал, что в ряде районов питьевая вода из подземных источников не соответствует гигиеническим нормативам, установленным СанПиН 1.2.3685-21², по содержанию железа общего, бора и фтора. При этом доля проб воды с концентрацией загрязнителей более 1,1 величины предельно-допустимой концентрации (ПДК) достигала 100 % на территории некоторых районов Удмуртии по таким компонентам, как бор и фтор. Ранжирование территории Удмуртии по результатам санитарно-гигиенического мониторинга питьевой воды из водопроводов в сельских поселениях по таким санитарно-химическим показателям, как содержание железа общего, бора и фтора [1] представлено на рис. 2-4 (составлены автором). Данные приведены в виде процентного соотношения проб питьевой воды, отобранной из водопроводов в сельских поселениях, несоответствующих гигиеническим нормативам, к общему числу проб воды, отобранных на территории района.

Анализ данных [1] показал, что наиболее остро проблема по несоответствию качества питьевых вод из подземных источников установленным гигиеническим нормативам отмечается на территории Балезинского (доля проб загрязненных вод с содержанием железа в концентрации более 1,1 ПДК составляет 14 %), Игринского, Каракулинского, Увинского (доля проб загрязненных вод с содержанием бора в концентрации более 1,1 ПДК составляет 100 %), а также Кезского (доля проб загрязненных вод с содержанием бора и фтора в концентрации более 1,1 ПДК составляет 100 %) районов.

Для проведения процедуры оценки возможного общетоксического риска здоровью населения Удмуртии от несоответствия качества питьевых вод из подземных источников установленным гигиеническим нормативам по таким веществам, как железо, бор и фтор, в рамках исследования были использованы количественные данные социально-гигиенического мониторинга [1] с учетом фиксации в среднем по административным территориям Удмуртии наихудших показателей. Характеристики рассматриваемых веществ, класс опасности для окружающей среды и возможный механизм действия на человека при поступлении с питьевой водой [3] представлены в табл. 1.

² СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 2).

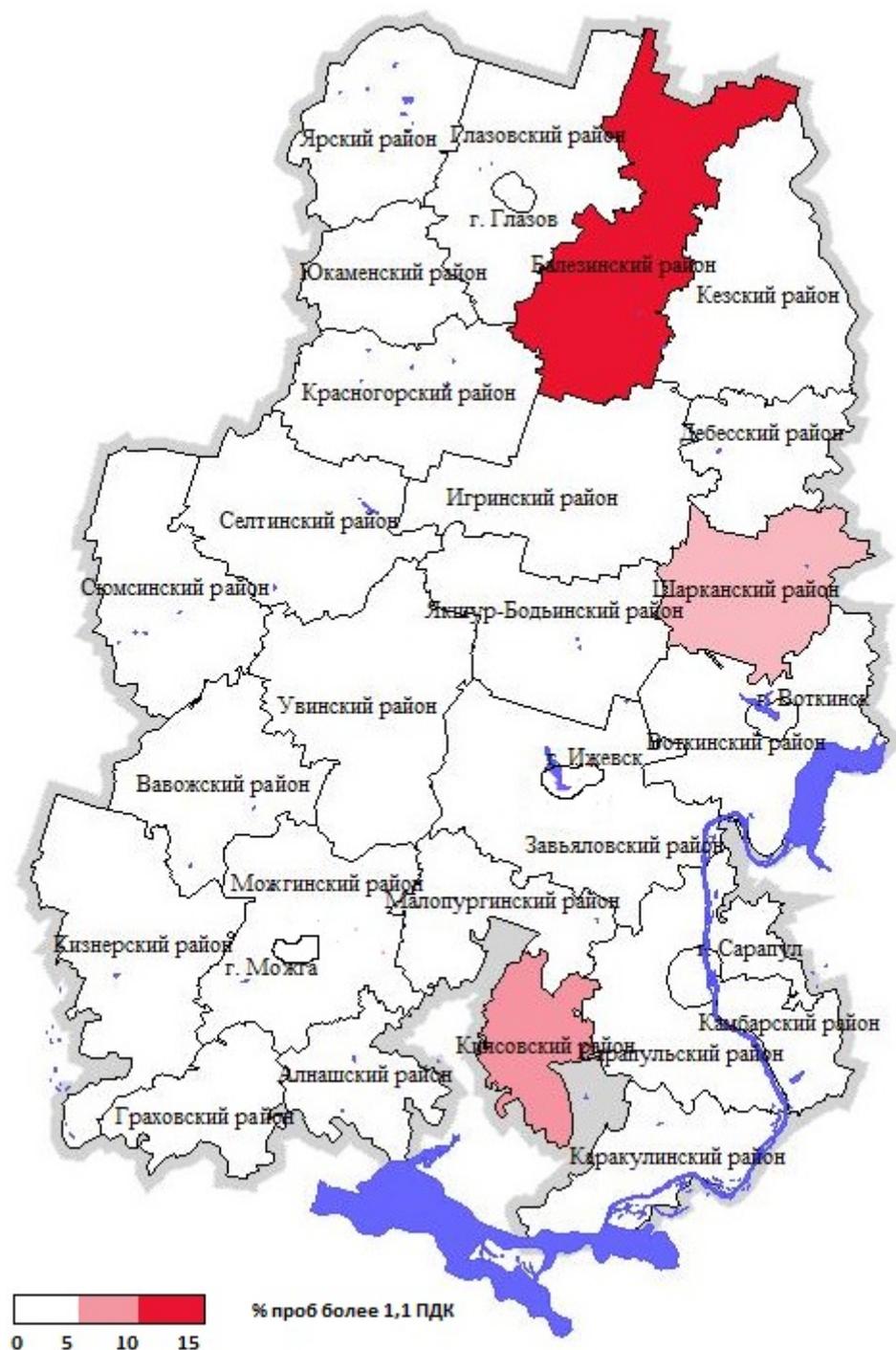


Рис. 2. Процентное соотношение проб питьевой воды, отобранной из водопроводов в сельских поселениях, несоответствующих гигиеническим нормативам по содержанию железа общего, к общему числу отобранных проб воды в разрезе административных территорий Удмуртии по состоянию на 2020 г.

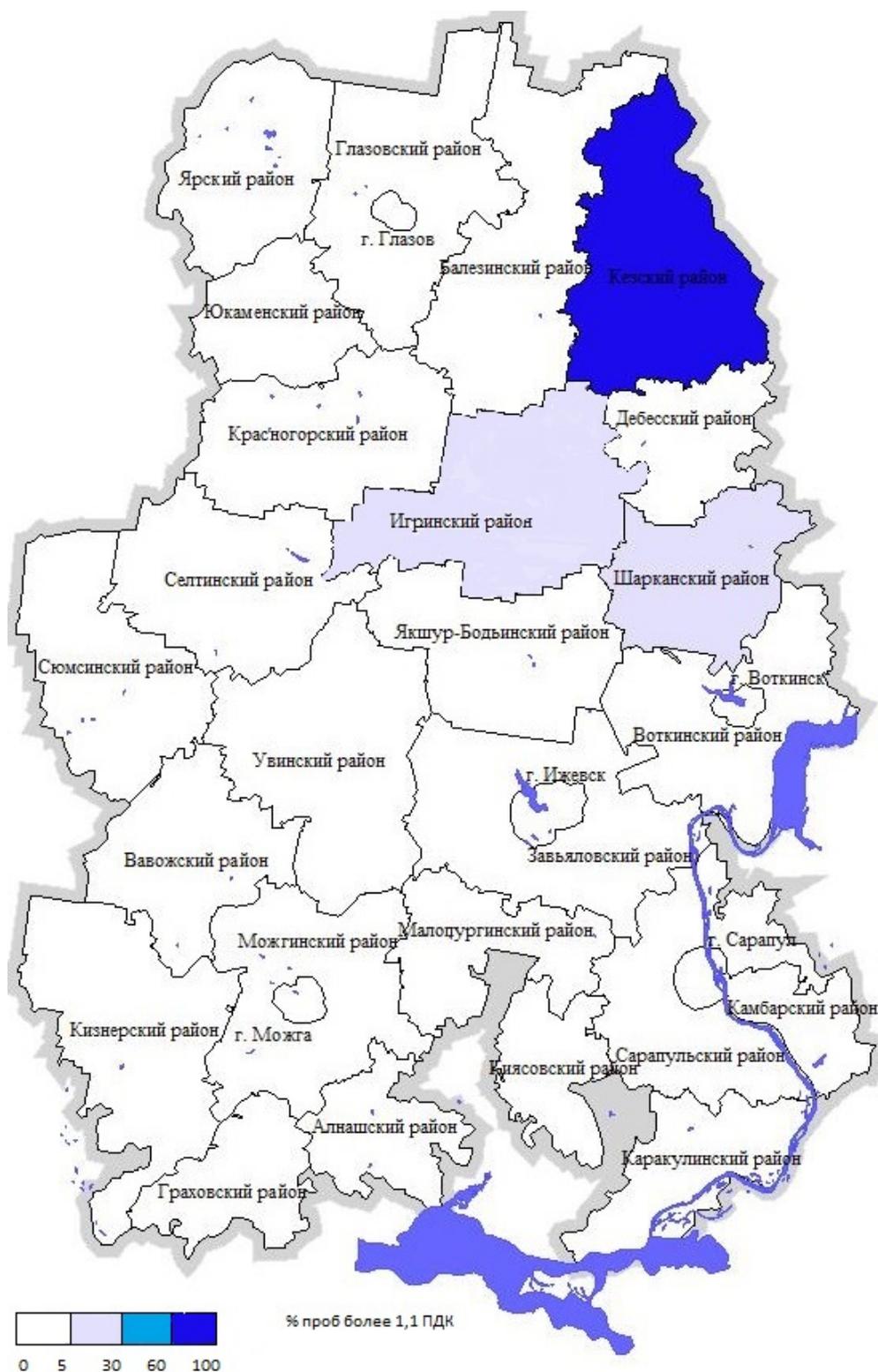


Рис. 4. Процентное соотношение проб питьевой воды, отобранной из водопроводов в сельских поселениях, несоответствующих гигиеническим нормативам по содержанию фтора, к общему числу отобранных проб воды в разрезе административных территорий Удмуртии по состоянию на 2020 г.

Таблица 1

Характеристика железа, бора и фтора как компонентов питьевых вод из подземных источников водоснабжения

Показатель	Рег. номер (CAS)	ПДК, мг/л	RfD, мг/кг	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности для окружающей среды	Поражаемые органы и системы человека при хроническом пероральном поступлении с питьевой водой
Железо общее	7439-89-6	0,3	0,3	Органолептический	3 класс опасности	Слизистые оболочки, кожа, кровь, иммунная система
Бор суммарно	7440-42-8	0,5	0,2	Санитарно-токсикологический	2 класс опасности	Репродуктивная система (семенники), желудочно-кишечный тракт, развитие (эмбриотоксический эффект)
Фтор	7782-41-4	1,5 (для климатических районов I–II группы)	0,06	Санитарно-токсикологический	2 класс опасности	Зубы, костная система

Результаты проведенной оценки общетоксического риска здоровью населения от качества подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, по таким веществам, как железо, бор и фтор, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки возможного общетоксического риска здоровью населения Удмуртии от несоответствия качества питьевых вод из подземных источников установленным гигиеническим нормативам по таким веществам, как железо, бор и фтор

Районы Удмуртии	Расчет риска по компоненту «железо общее»			Расчет риска по компоненту «бор суммарно»			Расчет риска по компоненту «фтор»			Суммарный риск по трем компонентам – HI, ед.
	C, мг/л	ADD, мг/кг х день	HQ, ед.	C, мг/л	ADD, мг/кг х день	HQ, ед.	C, мг/л	ADD, мг/кг х день	HQ, ед.	
Алнашский	0,3	0,008	0,027	2,4	0,066	0,329	1,5	0,041	0,685	1,041
Балезинский	0,6	0,016	0,055	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,808
Вавожский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Воткинский	0,3	0,008	0,027	0,6	0,016	0,082	1,5	0,041	0,685	0,794
Глазовский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Граховский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Дебесский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Завьяловский	0,3	0,008	0,027	0,8	0,022	0,11	1,5	0,041	0,685	0,822
Игринский	0,3	0,008	0,027	3,6	0,099	0,493	2,5	0,068	1,142	1,662
Камбарский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Каракулинский	0,3	0,008	0,027	3,4	0,093	0,466	1,5	0,041	0,685	1,178
Кезский	0,3	0,008	0,027	2,65	0,073	0,363	4	0,11	1,826	2,216
Кизнерский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Киясовский	1,41	0,039	0,129	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,882
Красногорский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78

Окончание табл. 2

Малопургинский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Можгинский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Сарапульский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Селтинский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Сюмсинский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Увинский	0,3	0,008	0,027	1,6	0,044	0,219	1,5	0,041	0,685	0,931
Шарканский	0,94	0,026	0,086	0,8	0,022	0,11	2,9	0,079	1,324	1,52
Юкаменский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Якшур-Бодьинский	0,3	0,008	0,027	0,8	0,022	0,11	1,5	0,041	0,685	0,822
Ярский	0,3	0,008	0,027	0,5	0,014	0,068	1,5	0,041	0,685	0,78
Среднее значение риска, ед.	X	X	0,035	X	X	0,135	X	X	0,774	0,944

Анализ данных показал, что во всех муниципальных районах Удмуртии, даже при условии рассмотрения ситуации с наихудшими возможными показателями содержания железа в питьевой воде из подземных источников, величина риска не превышает 0,13 ед., что свидетельствует о том, что риск допустимый и не вызывает беспокойства. По содержанию бора ситуация складывается аналогично: величина рассчитанного риска не превышает 0,5 ед., что является допустимым риском и не вызывает беспокойства.

Ситуация по содержанию фтора в питьевой воде несколько иная: в 22 районах величина риска не превышает 0,7 ед., что также является допустимым риском и не вызывает беспокойства, но в 3 районах (Кезском, Игринском и Шарканском) величина риска варьирует от 1,1 ед. до 1,83 ед., что свидетельствует об опасном риске для здоровья населения.

При этом если рассматривать общий суммарный риск по всем трем компонентам в питьевой воде из подземных источников, то можно отметить следующее: в 15 районах уровень риска приближается к 0,8 ед., в 5 районах (Балезинском, Завьяловском, Киясовском, Увинском, Якшур-Бодьинском) – к 0,93 ед., что является предельно допустимым риском и уже вызывает беспокойство. Еще в 5 районах (Алнашском, Игринском, Каракулинском, Шарканском, Кезском) – величина риска варьирует от 1 ед. до 2,3 ед., что свидетельствует об опасном риске для здоровья населения.

Заключение

Таким образом, при проведении исследования в рамках административных территорий Удмуртии на основании анализа данных о качестве подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения [1], были выявлены территории, не соответствующие установленным санитарным нормативным требованиям по качеству питьевой воды, в частности по таким компонентам, как железо, бор и фтор. На основании методики оценки риска Р 2.1.10.1920-04 для административных территорий Удмуртии были рассчитаны уровни общетоксического риска (индексы опасности) здоровью населения в зависимости от качества потребляемой для питьевого водоснабжения воды из подземных источников.

Анализ данных показал, что во всех муниципальных районах Удмуртии, даже при условии рассмотрения ситуации с наихудшими возможными показателями содержания железа в питьевой воде из подземных источников, величина риска не превышает 0,13 ед., что свидетельствует о том, что риск допустимый и не вызывает беспокойства. При этом средний уровень риска по УР составил 0,035 ед.

По содержанию бора ситуация складывается аналогично: величина рассчитанного риска не превышает 0,5 ед., что является допустимым риском и не вызывает беспокойства. При этом средний уровень риска по УР составил 0,135 ед.

По содержанию фтора в питьевой воде ситуация складывается иначе: в 22 районах величина риска не превышает 0,7 ед., что также является допустимым риском и не вызывает беспокойства, но в 3 районах (Кезском, Игринском и Шарканском) величина риска варьирует от 1,1 ед. до 1,83 ед., что свидетельствует об опасном риске для здоровья населения. При этом, средний уровень риска по УР составил 0,774 ед.

Среднее значение величины общего суммарного риска по всем трем компонентам в питьевой воде из подземных источников по УР составило 0,944 ед., что является предельно допустимым риском и вызывает беспокойство. При этом, данный средний показатель формируется за счет повышенных уровней риска по компонентам «бор» и «фтор» в таких районах УР как: Балезинский, Завьяловский, Киясовский, Увинский, Якшур-Бодьинский, Алнашский, Игринский, Каракулинский, Шарканский и Кезский районы. Ухудшающееся санитарно-техническое состояние водопроводов, отсутствие очистных сооружений на фоне достаточно сложной природной гидрохимической обстановки в данных районах, обусловленной природным несоответствием подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, установленным санитарным нормативным требованиям по таким компонентам как бор и фториды, ведет к увеличению долей проб «загрязненной» воды и увеличению уровня общетоксического риска здоровью населения, проживающего на территории сельских поселений рассматриваемых районов Удмуртии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Удмуртской Республике в 2020 году» / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по УР. Ижевск, 2021. 186 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики в 2020 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики; АУ «Управление охраны окружающей среды и природопользования Минприроды УР». Ижевск: Изд-во ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2021. 239 с.
3. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. М., 2004. 143 с.

Поступила в редакцию 28.11.2021

Артемьева Алена Александровна, кандидат географических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1
E-mail: ale-arteme@yandex.ru

A.A. Artemyeva

ASSESSMENT OF THE LEVELS OF GENERAL TOXIC RISK TO THE HEALTH OF THE POPULATION OF UDMURTIA FROM THE CONSUMPTION OF DRINKING WATER FROM UNDERGROUND SOURCES WITH A HIGH CONTENT OF IRON, BORON AND FLUORINE

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-394-403

As part of the study, the analysis of quantitative data regarding the extraction and use of drinking water in the context of administrative units of Udmurtia was carried out. The assessment of some hydrochemical characteristics of ground water used for drinking water supply was carried out, and the territories of "risk" from non-compliance with the quality of drinking water from underground sources with established hygienic standards for substances such as iron, boron and fluorine were identified. Using the risk assessment methodology for the administrative territories of Udmurtia, the levels of general toxic risk (hazard indices) to public health were calculated depending on the quality of water consumed for drinking water supply from underground sources.

Keywords: drinking water supply, groundwater quality, boron, iron, fluorine, health risk, Udmurtia.

REFERENCES

1. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Udmurtskoy Respublike v 2020 godu" / Upravlenie Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po UR* [State Report "On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Udmurt Republic in 2020" / Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being in UR], Izhevsk, 2021. 186 p. (in Russ.).

2. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Udmurtskoy Respubliki v 2020 godu" / Ministerstvo prirodnnykh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Udmurtskoy Respubliki; AU "Upravlenie okhrany okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovaniya Minprirody UR"* [State Report "On the state and environmental protection of the Udmurt Republic in 2020" / Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Udmurt Republic; AU "Department of Environmental Protection and Environmental Management of the Ministry of Natural Resources of the UR"], Izhevsk: Izhevsk. Gos. Tekhnich. Univ. im. M.T. Kalashnikova, 2021, 239 p. (in Russ.).
3. *R 2.1.10.1920-04. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu / Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka; Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii* [P 2.1.10.1920-04. Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to Chemicals that Pollute the Environment / Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare; Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Russian Federation], Moscow, 2004, 143 p. (in Russ.).

Received 28.11.2021

Artemyeva A.A., Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor of the Department of Ecology and Nature Management
Udmurt State University
Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034
E-mail: ale-arteme@yandex.ru