

Геоэкологические исследования

УДК 504.43:613(470.51)(045)

А.А. Артемьева, П.А. Чайкасов

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ НЕКАНЦЕРОГЕННЫХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПОСЕЛКА КЕЗ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В поселке Кез, как и в других сельских поселениях Удмуртской Республики, основным источником водоснабжения являются подземные воды. Качество подземных вод не соответствует в полной мере гигиеническим нормативам. С целью определения вероятности развития общетоксических эффектов для здоровья населения поселка Кез при потреблении питьевых подземных вод была проведена процедура оценки неканцерогенного риска. Проведенное исследование показало, что наибольшую опасность для здоровья населения представляют соединения фтора в подземных водах (среднее значение уровня риска по территории составило 0,97), а также содержание в водах натрия-иона (средний уровень риска по территории – 0,81). Что касается суммарного уровня риска по всем рассматриваемым компонентам в подземных водах, то нужно отметить, что в 19 из 25 скважинах уровень риска опасный, при этом в девяти из них уровень риска превышает верхний допустимый предел более чем в два раза.

Ключевые слова: качество подземных вод, неканцерогенный риск здоровью населения, Удмуртская Республика, поселок Кез.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-274-283

На территории п. Кез Удмуртской Республики (УР) насчитывается порядка 27 скважин различного назначения. Скважины пробурены в период с 1960 г. по 1990 г. с разведочно-эксплуатационными целями для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения поселка. Большая часть скважин имеет глубину 120 м, что существенно превышает предполагаемую нижнюю границу распространения кондиционных подземных вод. Это связано с тем, что на границе распространения кондиционных вод зачастую недостаточный дебит, а также имеет место незащищенность от загрязнения поверхностными водами. Из 27 скважин на территории поселка 16 скважин предназначены для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, восемь скважин – для производственно-технического водоснабжения, одна – резервная и одна – наблюдательная скважины¹.

По данным мониторинга, проводимого АУ «Управление Минприроды УР» в рамках работ по федеральному и региональному мониторингу подземных вод, практически во всех скважинах качество подземных вод не соответствует в полной мере гигиеническим нормативам (повышенное содержание бора, фтора, натрия, высокая минерализация и пр.)². Содержание тех или иных компонентов в воде хозяйственно-питьевого назначения напрямую влияет на здоровье населения. В связи с этим проведение процедуры оценки неканцерогенного риска для здоровья населения от качества потребляемых подземных питьевых вод является весьма актуальным.

Подобная ситуация, согласно общероссийским данным социально-гигиенического мониторинга и медицинской статистики [1], характерна не только для Удмуртии, но и для многих других субъектов Российской Федерации (РФ). Загрязнение подземных питьевых вод, их низкое качество, а также отсутствие специальной водоподготовки является значимым фактором из группы санитарно-гигиенических факторов, определяющим уровень нагрузки и формирующим основные риски для здоровья населения [1]. Данные вопросы рассматриваются в ряде региональных исследований [2–8].

¹ Отчеты по проектированию зон санитарной охраны (ЗСО) скважин №№ 07-603, 15389, 176, 181, 196, 196а, 200, 2275, 25980, 388, 39910, 39982, 45444, 520А, 86-95, 86-96, 875, 876, И-36-90, И-48-90, И-65-87, расположенных в п. Кез в Кезском районе УР: рукопись / АУ «Управление Минприроды УР».

² СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Материалы и методы исследований

В ходе выполнения исследования были использованы результаты мониторинга подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения на территории п. Кез, проводимого АУ «Управление Минприроды УР» в рамках работ по федеральному и региональному мониторингу подземных вод³. На основании данных мониторинга за качеством подземных вод, проводимого в 2021 г., были рассчитаны среднегодовые концентрации некоторых компонентов подземных вод.

С целью оценки количественной характеристики вредных эффектов, способных развиваться у жителей п. Кез при потреблении подземной питьевой воды, был использован метод оценки неканцерогенного риска при пероральном пути поступления загрязняющих веществ^{4,5}.

Оценка неканцерогенных т. е. общетоксических рисков основана на убеждении в пороговом действии большинства неканцерогенов, за основу которого взят гигиенический стандарт – предельно допустимая концентрация (ПДК). В зарубежной литературе такие пороговые дозы олицетворяет референтная доза (Rfd) – показатель токсичности вещества (мг/кг массы тела в сутки), характеризующая уровень минимального токсического эффекта для экспонирования населения. С учетом опасности веществ в российской практике вводят коэффициент запаса, характеризующий степень токсичности загрязнителя, а референтную дозу измеряют произведением ПДК на коэффициент запаса (КЗ)⁴.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения при условии перорального поступления отдельных химических (загрязняющих) веществ проводится на основе расчета коэффициента опасности по формуле:

$$HQ = ADD / Rfd,$$

где HQ – коэффициент опасности;

Rfd – референтная (безопасная) доза, мг/кг;

ADD – среднесуточная доза – потенциальная суточная доза поступления загрязняющего вещества, усредненная с учетом массы тела человека и периода воздействия вещества (мг/кг x сутки).

$$ADD = C_w \times V \times ED \times EF / BW \times AT \times DPY,$$

где C_w – концентрация загрязняющего вещества в объекте окружающей среды, контактирующей с телом человека (при пероральном поступлении веществ – мг/л);

V , EF , ED , BW , AT , DPY – стандартные показатели:

V – величина поступления загрязняющего вещества в организм человека. Суточное потребление питьевой воды для взрослого человека составляет 2 л/сутки;

EF – частота воздействия (дней/год);

ED – продолжительность воздействия (лет). Средняя продолжительность жизни человека – 72 года;

BW – масса тела (кг). Средняя масса для взрослого человека составляет 70 кг;

AT – период усреднения воздействия (лет); DPY – число дней в году (365 дней/год).

В соответствии с Руководством по оценке риска⁴ принята следующая шкала коэффициента (индекса) опасности: < 1 – допустимый риск, > 1 – опасный риск.

Для отображения изменения уровня общетоксического неканцерогенного риска для здоровья населения на территории п. Кез применялся картографический метод. За основу был принят картографический материал АУ «Управление Минприроды УР»⁶ с указанием расположения скважин, используемых для питьевого водоснабжения жителей поселка.

³ Отчеты о результатах мониторинга подземных вод в скважинах №№ 07-603, 15389, 176, 181, 196, 196а, 200, 2275, 25980, 388, 39910, 39982, 45444, 520А, 86-95, 86-96, 875, 876, И-36-90, И-48-90, И-65-87, расположенных в п. Кез в Кезском районе УР: рукопись / АУ «Управление Минприроды УР».

⁴ 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. Москва, 2004. 143 с.

⁵ Методические рекомендации МР 2.1.10.0062-12. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей» / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора по РФ. Москва, 2012. 36 с.

⁶ Отчеты по проектированию зон санитарной охраны (ЗСО) скважин №№ 07-603, 15389, 176, 181, 196, 196а, 200, 2275, 25980, 388, 39910, 39982, 45444, 520А, 86-95, 86-96, 875, 876, И-36-90, И-48-90, И-65-87, расположенных в п. Кез в Кезском районе УР: рукопись / АУ «Управление Минприроды УР».

Результаты и их обсуждение

Водоснабжение жителей п. Кез осуществляется за счет подземных источников. Скважины пробурены до глубин от 90 до 130 м, но большая часть имеет глубину 120 м, что существенно превышает предполагаемую нижнюю границу распространения кондиционных подземных вод⁴. Постоянство мощности кондиционных вод на водоразделах позволяет предположить, что при фильтрации вод через 100-метровую толщу пермских континентальных красноцветов процессы взаимодействия в системе «вода–порода» приводят к существенному изменению химии вод с накоплением отдельных компонентов выше ПДК для питьевых вод. В первую очередь это процесс катионного обмена кальция и магния на натрий, приводящий к образованию «мягких» вод, их обогащению бором, фтором. Высокие концентрации бора в подземных водах обусловлены не только наличием его в водовмещающих породах верхнепермского возраста, но и вследствие формирования определенного химического состава подземных вод, который способствует переходу бора из твердой фазы в жидкую. Как правило, такие свойства у вод натриевого макрокатийного состава⁷.

Установлено, что при смене макрокатийного состава с калиевого на натриевый по мере увеличения глубины скважины повышается концентрация бора, это связано с перетеканием напорных вод нижележащих горизонтов в вышележащие. Боросодержащие подземные воды часто сопровождаются и повышенными концентрациями фтора. Можно предположить, что механизм генезиса бора и фтора в подземных водах схож [9; 10].

Еще одна существенная проблема использования подземных вод в п. Кез – высокая минерализация. Вода из скважин, расположенных в низменных территориях, имеет минерализацию более одного г/л⁸. Это связано с тем, что у водотоков и рек зачастую граница кондиционных вод приближается к абсолютной отметке 100-110 м. При длительной эксплуатации скважин и больших объемах водопотребления происходит интенсификация водообмена с нижележащими, более минерализованными водами.

Расположение скважин, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории п. Кез, представлено на рис. 1.

На основании данных мониторинга за качеством подземных вод⁸ были рассчитаны среднегодовые значения их химического состава за 2021 г. Данные представлены в табл. 1.

Практически во всех скважинах наблюдается превышение ПДК по бору (до 5,84 ПДК в скважине № 86-96). Часто в тех скважинах, в которых наблюдается превышение ПДК по бору, отмечается превышение по фторидам. Однако по фторидам соответствие нормативного показателя наблюдается в четырех скважинах, в то время как по бору – только в двух.

Повсеместно распространены мягкие воды с жесткостью до 2° Ж, в скважинах № 196а и № 15389 вода средней жесткости 3,37° Ж и 3,12° Ж соответственно. В скважине № 20754 общая жесткость составила 8,15° Ж, что превышает ПДК равное 7° Ж.

По общераспространенным анионам в большинстве скважин не наблюдается превышений, но в скважинах №№ 39982, 70501, 47759, 32930, 875, 1 и 54 вода не соответствует нормативам по хлоридам (превышение от 1,1 ПДК до 1,7 ПДК). Концентрация сульфат-иона в скважине № 32930 составляет 517 мг/л, что незначительно превышает ПДК равное 500 мг/л.

По катионам Na^+ и Fe^{3+} в ряде скважин выявлено несоответствие нормативным показателям. Концентрации катионов натрия в скважинах №№ 181, 196, И-65-87, 85-95, 18926, 47759, 32930, 25980, 61386 и 54 варьируются от 1,6 ПДК до 3,7 ПДК. По железу превышение наблюдается лишь в двух скважинах №№ И-36-90 и И-48-90, в них концентрации – 0,47 мг/л и 0,355 мг/л при ПДК 0,3 мг/л. В скважинах №№ И-36-90 и И-48-90 вода является щелочной, водородный показатель в них выходит из диапазона 6-9 рН и составляет 9,2 и 9,06 соответственно. По остальным критериям качество питьевых вод соответствует гигиеническим нормативам.

⁷ Отчет о составлении гидрохимической карты зоны пресных подземных вод территории Удмуртской Республики: рукопись / АУ «Управление Минприроды УР».

⁸ Отчеты о результатах мониторинга подземных вод в скважинах №№ 07-603, 15389, 176, 181, 196, 196а, 200, 2275, 25980, 388, 39910, 39982, 45444, 520А, 86-95, 86-96, 875, 876, И-36-90, И-48-90, И-65-87, расположенных в п. Кез в Кезском районе УР: рукопись / АУ «Управление Минприроды УР».

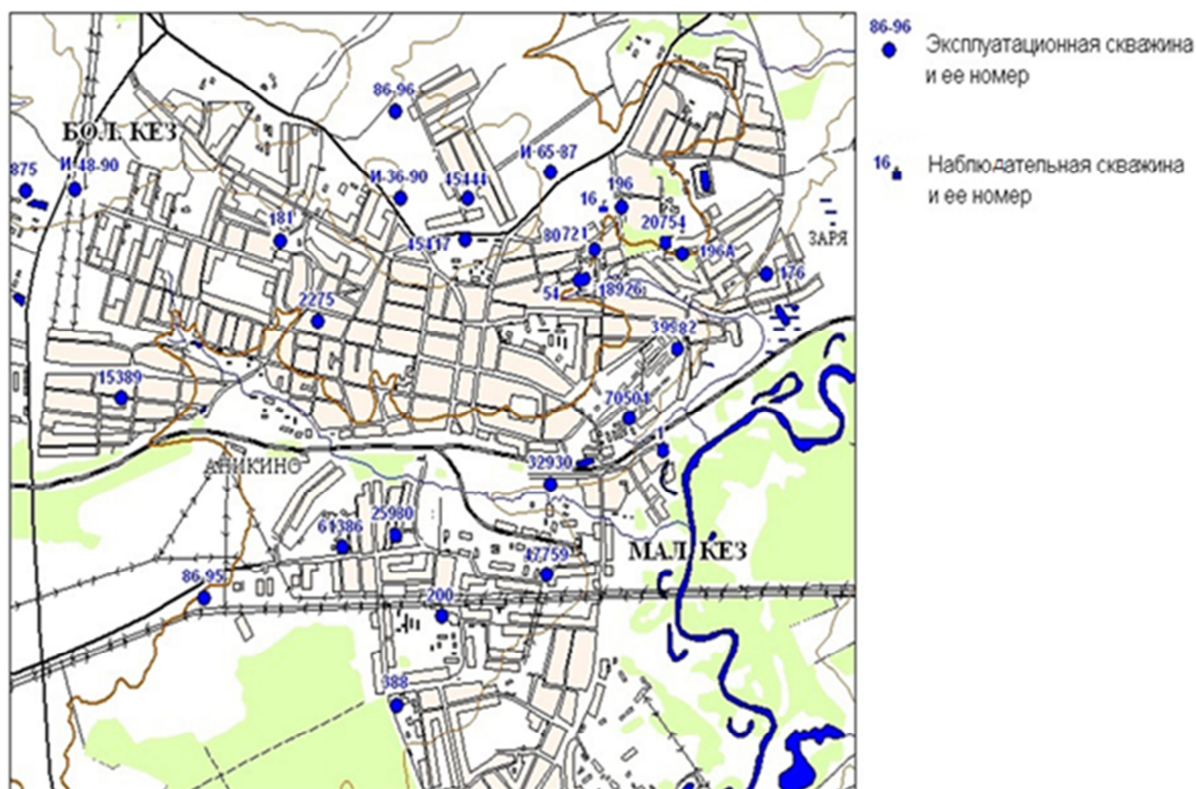


Рис. 1. Карта-схема расположения водозаборных скважин в поселке Кез (по данным АУ «Управление Минприроды УР»)

Таблица 1

Среднегодовые концентрации химических веществ в подземных водах, используемых для питьевого водоснабжения на территории поселка Кез, за 2021 г.

№ скв.	Сух.ост., мг/л	Жестк., мг-экв./л	Cl, мг/л	SO ₄ , мг/л	HCO ₃ , мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na, мг/л
86-96	–	0,245	42,7	–	–	–	–	–
И-36-90	–	0,15	30,5	–	–	–	–	–
2275	–	–	156	–	–	–	–	–
25980	–	0,391	178	–	–	–	–	–
388	–	0,146	86,2	–	–	–	–	–
И-48-90	–	0,172	1,58	–	–	–	–	–
181	724	0,27	227	66	398	7,5	7,19	318,54
39982	807	0,68	375	55	314	2,5	1,8	–
196	1097	1,39	259	166	343	8	12	354,02
20754	693	8,15	116,3	179,4	293	143	12,4	86,69
45444	556	3,32	250	111	479	6	16,5	–
И-65-87	990	0,5	235	175	427	3	4,3	387,24
85-95	826	1,09	139	111	567	5	10,21	399,63
176	852	1,93	307	88	456	4,5	9,06	–
18926	1294	0,8	326	278	354	11,2	2,9	476,5
70501	1603	0,69	465	468	353,9	4	6	666
47759	1461	0,74	367	350	314	8,84	3,58	512,28
32930	1749	1,01	583	517	305	7	8	741,48
25980	1074	0,99	230	138	464	6	8,4	374,75
875	1067	1,83	245	55	407	7,5	6,58	–
61386	996	0,18	129,1	179,8	512,4	2	1	368,7
196a	512	3,37	73	51	366	19,2	29,11	139,62

Продолжение табл. 1

№ скв.	Сух.ост., мг/л	Жестк., мг-экв./л	Cl, мг/л	SO ₄ , мг/л	HCO ₃ , мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na, мг/л
1	1345	0,79	350,2	380,2	378,3	0,03	0,03	–
15389	725	3,12	235	111	473	9,25	13,37	–
200	696	1,19	250	277	369	6,05	3,5	–
54	1596	0,71	476	354	357	8,8	3,28	614,21

№ скв.	pH	Fe, мг/л	NH ₄ , мг/л	NO ₂ , мг/л	NO ₃ , мг/л	O ₂ , мг/л	F, мг/л	B, мг/л
86-96	7,8	0,209	1,44	0,02	0,2	–	2,87	2,92
И-36-90	9,2	4,47	0,74	0,0272	2,02	–	3,74	2,74
2275	8,8	0,054	–	–	–	–	–	2,18
25980	8,9	0,088	1,6	0,02	0,2	–	2,65	2,32
388	8,6	0,154	1,07	0,02	0,2	–	3,62	2,92
И-48-90	9,06	0,355	0,53	0,082	1,13	–	3,62	1,98
181	8,7	0,03	0,3	0,001	0,03	1,08	2,31	2,31
39982	8,9	0,11	0,66	0,001	0,03	1,33	1,63	1,62
196	8,86	0,15	0,3	0,004	0,03	1,38	2,02	1,93
20754	7,9	0,19	0,069	0,016	1,4	0,022	0,23	0,038
45444	7,7	0,03	0,58	0,001	0,03	1	2,25	2,21
И-65-87	9	0,03	0,61	0,008	2,33	1,02	2,5	–
85-95	7,7	0,03	0,21	0,001	0,03	0,69	2,35	2,37
176	7,9	0,16	0,29	0,001	0,03	1,23	2,02	1,66
18926	7,2	0,1	0,42	0,02	0,2	0,72	2,37	1,86
70501	8,7	0,1	0,9	0,003	0,1	1,1	2,11	1,8
47759	8,37	0,03	0,68	0,077	1,02	1,54	1,59	1,18
32930	8,7	0,46	0,803	0,051	8,8	1,8	1,75	1,33
25980	7,7	0,03	0,2	0,001	0,7	1	2,16	1,88
875	8,7	0,03	0,3	0,001	0,03	1	2,34	2,22
61386	7,2	0,1	0,22	0,093	0,1	0,25	2,4	2,4
196а	7,8	0,03	0,03	0,008	16,1	1,02	0,41	0,1
1	8,2	0,3	0,96	0	0,32	0,12	0,3	–
15389	7,3	0,03	0,29	0,001	0,03	0,46	2,3	2,07
200	8,8	0,03	0,3	0,068	7,5	0,94	1,32	0,67
54	8,5	0,1	0,46	0,2	0,2	0,64	2,4	1,8

На основании данных о среднегодовых концентрациях химических веществ в подземных водах был проведен расчет неканцерогенного риска здоровью населения п. Кез при потреблении этих подземных вод (при условии круглогодичного использования для питьевого водоснабжения). Расчет риска производился по шести компонентам: натрий-иону, бору, фтору, железу, нитратам и нитритам для каждой скважины, расположенной в п. Кез, кроме тех случаев, когда не производился анализ на данный компонент. Данные референтных концентраций⁹ рассматриваемых компонентов подземных вод и их воздействие на человека приведены в табл. 2.

По таким веществам, как хлорид-ион, гидрокарбонат-ион, сульфат-ион, ионы магния и кальция риск не оценивался, т. к. по данным веществам не разработаны (не установлены) референтные дозы. Такие показатели качества воды, как общая минерализация, жесткость и водородный показатель в методике оценки риска не учитываются¹⁰.

⁹ 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. Москва, 2004. 143 с.

¹⁰ 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. Москва, 2004. 143 с.

Таблица 2

**Характеристика некоторых компонентов питьевых вод
из подземных источников водоснабжения**

Показатель	CAS (международный идентификационный номер)	Референтная доза, мг/л	Поражаемые органы и системы (при пероральном поступлении в организм человека)
Фтор	7782-41-4	0,06	Зубы, костная система
Бор	7440-42-8	0,2	Репродуктивная функция (семенники), желудочно-кишечный тракт, развитие плода (эмбриотоксический эффект)
Железо	7439-89-6	0,3	Слизистые оболочки, кожа, кровь, иммунитет
Натрий-ион	7440-23-5	34,3	Сердечно-сосудистая система
Нитраты	14797-55-8	1,6	Кровь (MetHb), сердечно-сосудистая система
Нитриты	14797-65-0	0,1	Кровь (MetHb)

Расчетные данные по оценке риска, выполненные авторами, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты оценки риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения поселка Кез УР при потреблении воды из подземных источников водоснабжения

№ скважины	Уровень неканцерогенного риска по компонентам (доли ед.)						Суммарный уровень риска (доли ед.)
	фтор	бор	железо	натрий	нитраты	нитриты	
86-96	1,37	0,42	0,02	–	0,004	0,006	1,81
И-36-90	1,78	0,39	0,04	–	0,04	0,008	2,26
2275	–	0,31	0,005	–	–	–	0,32
25980	1,26	0,33	0,008	–	0,004	0,006	1,61
388	1,72	0,42	0,01	–	0,004	0,006	2,16
875	1,11	0,27	0,003	–	0,001	0,0002	1,39
И-48-90	1,72	0,28	0,03	–	0,02	0,02	2,08
181	1,59	0,38	0,01	–	0,001	0,006	1,98
39982	0,25	0,11	0,01	–	0,004	0,12	0,50
196	0,96	0,28	0,01	0,68	0,001	0,001	1,93
20754	0,11	0,005	0,02	0,17	0,02	0,005	0,32
45444	1,07	0,32	0,003	–	0,001	0,0003	1,39
И-65-87	1,19	–	0,003	0,74	0,04	0,002	1,98
85-95	1,12	0,34	0,003	0,65	0,001	0,0003	2,11
176	0,96	0,24	0,02	–	0,001	0,0003	1,22
18926	1,13	0,27	0,01	0,91	0,002	0,06	2,38
70501	1,005	0,26	0,01	1,28	0,004	0,0009	2,55
47759	0,76	0,17	0,003	0,98	0,02	0,02	1,95
32930	0,83	0,19	0,04	1,42	0,16	0,01	2,66
61386	1,14	0,34	0,01	0,71	0,002	0,03	2,23
196а	0,20	0,01	0,003	0,27	0,29	0,002	0,77
1	0,14	–	0,03	0	0,006	0	0,18
15389	1,10	0,30	0,003	–	0,0005	0,0003	1,39
200	0,63	0,10	0,003	–	0,13	0,02	0,88
54	1,14	0,26	0,01	1,18	0,004	0,06	2,65
Среднее значение	0,97	0,24	0,01	0,81	0,03	0,01	1,64

В подземных водах из скважин №№ 1, 196, 20754, И-65-87, 85-95, 196а, 61386 по натрий-иону допустимый уровень риска (показатель варьируется от 0 до 0,74). В скважинах №№ 18926 и 47759 риск составляет 0,91 и 0,98, соответственно, являясь предельно-допустимым риском, но вызывающим беспокойство. В скважинах №№ 70501, 32930, 54 уровень риска изменяется в диапазоне от 1,17 до 1,42 и является опасным. Средний уровень риска по содержанию натрия в подземных водах на территории п. Кез составляет 0,81 (предельно-допустимый риск, но вызывающий беспокойство).

Уровень риска по бору во всех скважинах на территории п. Кез является допустимым и находится в диапазоне от 0,005 до 0,42. Среднее значение уровня риска составляет на территории поселка 0,24.

Уровень риска по фтору по скважинам №№ 20754, 39982, 47759, 200, 196а, 1 варьирует в диапазоне от 0,11 до 0,76. По скважинам №№ 196, 176, 32930 уровень риска составляет 0,83–0,96, являясь предельно-допустимым риском, но вызывающим беспокойство. Во всех остальных скважинах (кроме скважины № 2275, где анализ воды на содержание фтора не проводился) по фтору выявлен опасный уровень риска (1,005–1,78). Средний уровень риска по содержанию фтора в подземных водах на территории поселка Кез составляет 0,97 (предельно-допустимый риск, но вызывающий беспокойство).

Уровень риска по остальным рассматриваемым компонентам подземных вод во всех скважинах на территории п. Кез допустимый: до 0,04 по железу, до 0,29 по нитратам, до 0,12 по нитритам. Средние значения уровней риска составляют 0,01, 0,03 и 0,01 соответственно.

На основании рассчитанных покомпонентных уровней риска для каждой скважины был определен суммарный уровень неканцерогенного риска. Суммарный риск является допустимым в подземных водах из скважин №№ 2275, 39982, 20754, 196а, 1 и варьирует в диапазоне 0,18–0,77. Суммарный риск по скважине № 200 составляет 0,88, являясь предельно-допустимым риском, но вызывающим беспокойство. По всем остальным скважинам уровень риска опасный (1,22–2,66). При этом в 9 из 25 скважинах уровень риска превышает верхний допустимый предел более чем в два раза.



Рис. 2. Карта-схема распределения суммарного уровня неканцерогенного риска для здоровья населения от потребляемых питьевых подземных вод на территории поселка Кез УР

Для отображения изменения суммарного уровня неканцерогенного риска для здоровья населения от потребляемых питьевых подземных вод на территории п. Кез был использован картографический материал АУ «Управление Минприроды УР». На карту-схему расположения скважин, используемых для питьевого водоснабжения жителей поселка Кез, были нанесены количественные характеристики суммарного уровня неканцерогенного риска (рис. 2).

Заключение

Оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения п. Кез УР при потреблении питьевых подземных вод проводилась по шести компонентам: фтор, бор, железо, натрий-ион, нитраты и нитриты. По итогам исследования выявлено, что наибольшую опасность представляют соединения фтора в подземных водах (среднее значение уровня риска по территории составило 0,97), а также содержание в водах натрия-иона (средний уровень риска по территории – 0,81). По другим анализируемым веществам средний показатель уровня риска варьируется от 0,01 до 0,24, при этом наименьший уровень риска по территории отмечается по содержанию в воде ионов железа.

Расчет суммарного уровня риска по всем рассматриваемым компонентам в подземных водах, показал, что в 19 из 25 скважинах уровень риска опасный, при этом в 9 из них уровень риска превышает верхний допустимый предел более чем в два раза. Наиболее подходящими для осуществления хозяйственно-питьевого водоснабжения являются только 5 из 25 скважин. Это скважины №№ 2275, 39982, 20754, 196а, 1, где суммарный уровень неканцерогенного риска варьирует в диапазоне 0,18 – 0,77 и является допустимым.

Для минимизации риска развития неканцерогенных (общетоксических) эффектов для здоровья населения при потреблении питьевых вод из подземных источников рекомендуется установка в домовладениях фильтров с ионно-обменными смолами для предварительной очистки и подготовки воды для питьевых нужд. Альтернативным решением данной проблемы является поиск других подземных источников водоснабжения, вода из которых будет соответствовать гигиеническим нормативам, предъявляемым к качеству питьевых вод. Данные поисковые работы целесообразно проводить в рамках гидрогеологических исследований территории и проведения регионального мониторинга подземных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 256 с.
2. Анисимов И.С., Малькова И.Л. Некондиционные подземные питьевые воды Кезского района Удмуртской Республики как фактор риска здоровью населения // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28. Вып. 4. С. 384–391.
3. Артемьева А.А. Оценка уровней общетоксического риска для здоровья населения Удмуртии от потребления питьевой воды из подземных источников с повышенным содержанием железа, бора и фтора // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31, вып. 4. С. 394–403.
4. Артемьева А.А. Оценка качества подземных вод как фактора риска для здоровья населения в районах Удмуртии с развитой нефтедобывающей промышленностью // Наука Удмуртии. 2018. № 4. С. 11–16.
5. Артемьева А.А. Оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением подземных вод в районах нефтедобычи // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, вып. 1. С. 122–133.
6. Барышников Г.Я., Слажнева С.С., Максимова Н.Б., Сотников П.В. Влияние бора на качество подземных вод в Алтайском крае // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2021. №2. С. 42–48.
7. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20–31.
8. Зарипов М.С. Аномалии бора в подземных водах в районе г. Набережные Челны // Проблемы геологии и освоения недр. 2017. Т. 1. С. 548–549.
9. Закутин В.П., Вавичкин А.Ю. Основные особенности геохимии бора в пресных подземных водах // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. № 1. С. 30–39.
10. Аничкина Н.В. Исследования биогеохимии фтора в компонентах геосистем // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 3. С. 5–23.

Артемьева Алена Александровна, кандидат географических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования
E-mail: ale-arteme@yandex.ru

Чайкасов Павел Алексеевич, студент 4 курса бакалавриата, направление подготовки «Экология и природопользование»
E-mail: shkolinik.pavel@gmail.com

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1

A.A. Artemyeva, P.A. Chaikasov

ASSESSMENT OF THE RISK OF NON-CARCINOGENIC EFFECTS ON THE HEALTH OF THE POPULATION OF KEZ SETTLEMENT IN THE UDMURT REPUBLIC WHEN DRINKING WATER IS CONSUMED FROM UNDERGROUND WATER SUPPLY SOURCES

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-274-283

In the settlement of Kez, as in other rural settlements of the Udmurt Republic, the main source of water supply is groundwater. The quality of groundwater does not fully comply with hygienic standards. In order to determine the probability of development of general toxic effects on the health of the population of Kez settlement when drinking groundwater was consumed, a procedure for assessing non-carcinogenic risk was carried out. The study showed that the greatest danger to public health are fluorine compounds in groundwater (the average value of the risk level for the territory was 0.97), as well as the content of sodium ion in water (the average risk level for the territory is 0.81). As for the total risk level for all considered components in groundwater, it should be noted that in 19 out of 25 wells the risk level is dangerous, while in 9 of them the risk level exceeds the upper permissible limit by more than 2 times.

Keywords: groundwater quality, non-carcinogenic risk to public health, Udmurt Republic, Kez settlement.

REFERENCES

1. *O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu: Gosudarstvennyy doklad* [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2020: State Report], Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, 2021, 256 p. (in Russ.).
2. Anisimov I.S., Malkova I.L. [Sub-standard underground drinking waters of the Kezsky district of the Udmurt Republic as a risk factor to the population health], in *Vestn. Udmurt. Univ. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], 2018, vol. 28, iss. 4, pp. 384–391 (in Russ.).
3. Artemyeva A.A. [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], in *Vestn. Udmurt. Univ. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], 2021, vol. 31, iss. 4, pp. 394–403 (in Russ.).
4. Artemyeva A.A. [Assessment of groundwater quality as a risk factor for the health of the population in the districts of the Udmurt Republic with a developed oil industry], in *Nauka Udmurtii*, 2018, no. 4, pp. 11–16 (in Russ.).
5. Artemyeva A.A. [Assessment of non-cancer effects risk to human health associated with groundwater contamination in oil-producing regions], in *Vestn. Udmurt. Univ. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], 2015, vol. 25, iss. 1, pp. 122–133 (in Russ.).
6. Baryshnikov G.Ya., Slazhneva S.S., Maximova N.B., Sotnikov P.V. [Effect of boron on the groundwater quality in Altai region], in *Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennye nauki*, 2021, no. 2, pp. 42–48 (in Russ.).
7. Golikov R.A., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Steiger V.A. [Influence of environmental pollution to the health of the population (review of literature)], in *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki*, 2017, no. 5, pp. 20–31 (in Russ.).
8. Zaripov M.S. *Anomalii bora v podzemnykh vodakh v rayone g. Naberezhnye Chelny* [Anomalies of boron in groundwater in the area of Naberezhnye Chelny], in *Problemy geologii i osvoeniya nedr*, 2017, vol.1, pp. 548–549 (in Russ.).
9. Zakutin V.P., Vavichkin A.Yu. [The main geochemical species of boron in fresh groundwater], in *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, 2010, no. 1, pp.30–39 (in Russ.).
10. Anichkina N.V. [Research of fluorine biogeochemistry in the ecosystem components], in *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki* [Scientific Review. Biological science], 2016, no. 3, pp. 5–23 (in Russ.).

Artemyeva A.A., Candidate of Geography,
Associate Professor of the Department of Ecology and Nature Management
E-mail: ale-arteme@yandex.ru

Chaikasov P.A., 4rd year undergraduate student, field of study «Ecology and Nature Management»
E-mail: shkolinik.pavel@gmail.com

Udmurt State University
Universitetskaya st., 1, Izhevsk, Russia, 426034