

Геоэкологические проблемы и природопользование

УДК 911.3: 613

И.С. Анисимов, И.Л. Малькова

НЕКОНДИЦИОННЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ПИТЬЕВЫЕ ВОДЫ КЕЗСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ КАК ФАКТОР РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Для административных районов северо-восточной части Удмуртской Республики характерны высокие показатели заболеваемости населения по классу болезни органов пищеварения и мочеполовой системы. Одним из ведущих факторов высокого уровня заболеваемости является неудовлетворительное качество подземных питьевых вод, доля которых в централизованном хозяйственно-питьевом водоснабжении Кезского района составляет 100 %. Отмечается превышение гигиенических нормативов по многим показателям природного происхождения, из которых наибольшую опасность представляет бор. Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) бора фиксируется в 54 % общего количества скважин на территории района. В работе оценивается величина неканцерогенного риска здоровью населения в связи с потреблением некондиционных питьевых вод. Риск подвергается 4360 чел. (21 % населения), проживающих в сельских населенных пунктах Кезского района. Опасный уровень риска здоровью детского населения отмечается в Новом Унтеме и Чепце, где концентрация бора более чем в 7 раз выше ПДК. В пос. Кез, где 94 % скважин выводят подземные воды с содержанием бора от 1,21 до 4,92 ПДК, почти все детское население (3200 чел.) подвержено высокому риску, вызывающему беспокойство.

Ключевые слова: подземные питьевые воды, риск здоровью населения, Удмуртская Республика, бор.

В Удмуртской Республике остро стоит проблема достаточно низкого качества вскрываемых эксплуатационными скважинами вод при больших ресурсах подземных вод питьевого качества. Очень широко распространена эксплуатация природных некондиционных вод. Причиной сложившейся ситуации являются достаточно своеобразные гидрохимические условия территории республики, наличие некондиционных природных вод на небольших глубинах. Часто доведение таких вод до питьевых норм сильно затруднено из-за отсутствия промышленных методов очистки.

В среднем на территории республики около 30–40 % скважин выводят природные некондиционные воды. Наибольший процент скважин, выводящих некондиционные подземные воды, с превышением предельно допустимых норм по тому или иному компоненту природного происхождения отмечается на территориях Балезинского, Кезского, Увинского и Игринского районов. Большая часть из них (75 %) приходится на скважины, выводящие мягкие гидрокарбонатные натриевые воды с содержанием бора выше допустимых концентраций. Предельно допустимая концентрация (ПДК) бора в питьевой воде установлена на уровне 0,5 мг/л. Содержание этого элемента в отдельных скважинах на территории Удмуртии колеблется от 1,7 до 2,5 мг/л. Максимальная доля эксплуатационных скважин, выводящих подземные воды с высоким содержанием бора (до 100 %), находится на северо-востоке республики [1].

В природных водах бор находится в виде ионов борных кислот. В более кислых водах (при pH 2-6) бор присутствует преимущественно в форме ортоборной кислоты. Щелочные воды, как правило, более богаты бором, чем жесткие воды. Связано это с тем, что натриевые соли борных кислот имеют гораздо более высокую растворимость, чем соли кальциевые и магниевые. В маломинерализованных подземных водах содержание бора составляет, как правило, десятки-сотни мкг/дм³, однако в минерализованных щелочных водах его концентрация может достигать единиц и даже десятков мг/л, что делает такую воду потенциально небезопасной для питьевого применения.

Длительное потребление борной воды оказывает негативное воздействие на репродуктивную функцию человека, вызывает серьезные расстройства функций половой сферы у представителей обоих полов, обладает выраженным эмбриотоксическим эффектом. При непродолжительном употреблении внутрь бора в повышенных концентрациях возникает раздражение желудочно-кишечного тракта. При длительном воздействии соединений бора нарушение процессов пищеварения приобретает хронический характер (развивается так называемый «борный энтерит»), возникает борная интоксикация, которая может поразить печень, почки, центральную нервную систему. Также бор способствует повышению уровня сахара в крови, усиливает тормозные процессы нервной системы, нарушает обмен веществ в организме и т. д. [2].

Материал и методы исследования

Гидрохимические особенности подземных питьевых вод наиболее полно отражены в Информационных бюллетенях о состоянии недр территории Удмуртской Республики [1]. Гидрогеохимический контроль гидросферы проводится отделом мониторинга геологической среды и подземных вод Управления охраны окружающей среды и природопользования Минприроды Удмуртской Республики с целью оценки степени влияния техногенных факторов на качество подземных вод.

Данным отделом была предоставлена информация по содержанию бора (в мг/л) в 73 действующих, резервных и подлежащих восстановлению скважинах на территории Кезского района. Месторасположение скважин было отмечено на картосхемах масштаба 1:115000. Концентрации бора в каждой скважине были сопоставлены с нормативными требованиями.

Основными нормативными документами, регламентирующими качество подземных питьевых вод, являются Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»¹, Санитарные правила СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»².

Оценить риск возникновения общетоксических эффектов при избыточном поступлении химических веществ в организм человека с питьевой водой позволяет «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»³. Согласно данному руководству под оценкой риска для здоровья понимается процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека или здоровья будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания. В данном исследовании общетоксический (неканцерогенный риск) количественно оценивался по формуле:

$$HQ = ADD/RfD,$$

где RfD – референтная доза, отражающая уровень минимального риска;

ADD – среднесуточная доза поступления загрязняющих веществ с питьевой водой мг/(кг×день), для расчета которой используется формула:

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

Стандартные значения для расчета ADD представлены в табл. 1. Референтные дозы и критические органы указаны в приложении к Руководству. Для бора значение референтной дозы при пероральном поступлении составляет 0,2 мг/кг.

Таблица 1

Параметры для расчета среднесуточной дозы загрязняющих веществ, попадающих в организм человека с питьевой водой [Руководство..., 2004]

Параметр	Характеристика	Стандартное значение
C _w	Концентрация вещества, мг/л	–
V	Величина водопотребления	взрослые – 2 л/сут.; дети – 1 л/сут.
EF	Частота воздействия	350 дней/год
ED	Продолжительность воздействия	взрослые – 30 лет; дети – 6 лет
BW	Масса тела	взрослые – 70 кг; дети – 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции	взрослые – 30 лет; дети – 6 лет

¹ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

²СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения».

³Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (утв. главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 05.03.2004 г.).

Согласно Руководству приняты следующие градации индекса опасности (НҚ):

- менее 0,8 – риск допустимый ($< 0,5$ – целевой риск), не вызывающий беспокойства;
- от 0,8 до 1,0 – риск предельно допустимый, вызывающий беспокойство;
- более 1 – риск опасный.

Таким образом, исходя из концентрации бора в каждой из 73 скважин пос. Кез и Кезского района, был рассчитан неканцерогенный риск для взрослого и детского населения, потребляющего некондиционные подземные питьевые воды.

Медицинскую помощь населению Кезского района в настоящее время оказывает Центральная районная больница, Кулигинская участковая больница, две врачебные амбулатории и 24 фельдшерско-акушерских пункта (ФАП). Для оценки состояния здоровья населения района был проведен территориальный анализ медико-статистической информации, согласно ежегодным формам отчетности фельдшерско-акушерских пунктов. Были задействованы данные за несколько временных интервалов: 2001–2003 гг., 2005–2007 гг., 2011 г. и 2015 г. Следует отметить, что за рассматриваемый период число ФАПов на территории района сократилось с 42 до 24, что существенно сказалось на эффективности и своевременности оказания медицинских услуг. Данные об уровне заболеваемости населения административных районов по отдельным классам болезней за 2013–2015 гг. были предоставлены Республиканским медицинским информационно-аналитическим центром Министерства здравоохранения Удмуртской Республики.

Результаты и их обсуждение

Доля подземных вод в балансе холодного питьевого водоснабжения Кезского района составляет 100 %. Из подземных источников используются питьевые воды в объеме $1,74 \text{ м}^3/\text{сут.}$ На территории района пробурено по состоянию на 2017 г. 73 действующих, резервных и подлежащих восстановлению водоносных скважин. Из них 39 скважин расположено в центральной и южной части района, где выше плотность населения.

Гидрохимическая вертикальная зональность подземных вод Кезского района достаточно типична для северных районов республики. Основные особенности сводятся к следующему.

1. В верхней части разреза, до глубин эрозионных врезов основных водотоков, распространены пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, умеренно жесткие ($2-6^\circ \text{ Ж}$) воды. Разгрузка осуществляется в подавляющем количестве случаев родниковым стоком. Преобладающие значения минерализации 0,2–0,5 г/л. По природному составу воды соответствуют питьевым нормам. На отдельных площадях севера республики наблюдаются превышения ПДК для питьевых вод по содержанию кремния.

2. Ниже залегают пресные в основном гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,3–0,8 г/л. Жесткость их ниже 2° Ж . Воды не отвечают питьевым нормам по содержанию бора и величине pH.

3. Ниже распространены солоноватые воды с минерализацией до 2,0 г/л. Питьевым нормам они не соответствуют по целому ряду показателей.

Превышение ПДК по бору отмечается в 54 % скважин на территории района. Концентрация составляет от 0,05 до 3,98 мг/л при нормативе 0,5 мг/л. Наиболее неблагоприятная ситуация характерна для южной части Кезского района, особенно в таких населенных пунктах, как Новый Унтем (7,24 ПДК) и Чепца (7,96 ПДК). Риск потребления такой воды в питьевых целях для взрослого населения считается допустимым (менее 0,8). Наиболее высокие значения общетоксического риска для здоровья детского населения при регулярном потреблении такой воды составляют 1,16 (Н. Унтем) и 1,27 (Чепца), что соответствует опасному уровню (табл. 2). При этом отклонения в состоянии здоровья населения, непосредственно вызванные высокими концентрациями бора в питьевой воде, могут проявиться достаточно быстро, поскольку бор относится к веществам 2 класса опасности. Предельно допустимый риск, вызывающий беспокойство (от 0,8 до 1,0), отмечается в пределах таких населенных пунктов, как Малый Пужмезь и Поломское, где концентрация бора составляет от 3,5 до 5,8 ПДК.

В целом риску подвергается 4360 чел. (21 % населения), проживающих в сельских населенных пунктах Кезского района. На территории поселка Кез находится 34 скважины. В 32 скважинах (94 %) фиксируется содержание бора в пределах от 1,21 до 4,92 ПДК. На долю скважин с концентрацией бора более 4 ПДК приходится 44 %. Сосредоточены они преимущественно в северной части поселка (рис. 1).

Таблица 2

**Величина риска здоровью населения Кезского района,
потребляющего подземные питьевые воды с высоким содержанием бора**

Населенный пункт	Численность населения	Содержание бора в подземных питьевых водах		Индекс неканцерогенного риска	
		в мг/л	в долях ПДК	для взрослых	для детей
Ковалево	36	1,09	2,18	0,15	0,35
Александрово	245	0,55	1,1	0,08	0,18
Лып-Булатово	141	0,745	1,49	0,10	0,24
Ключи 1 скв.	223	0,59	1,18	0,08	0,19
Ключи 2 скв.		0,93	1,86	0,13	0,30
Нов. Унтем	150	3,62	7,24	0,50	1,16
Пажман	204	1,655	3,31	0,23	0,53
Мал. Пужмезь	28	2,9	5,8	0,40	0,93
Пужмезь	375	2,2	4,4	0,30	0,70
Верх. Сыга	107	2,0	4,0	0,27	0,64
Юски	340	0,51	1,02	0,07	0,16
Филинцы	87	0,97	1,94	0,13	0,31
Кездур	142	1,8	3,6	0,25	0,58
Верх. Пинькай	32	1,415	2,83	0,19	0,45
Чепца	1556	3,98	7,96	0,55	1,27
Поломское 1 скв.	309	2,48	4,96	0,34	0,79
Поломское 2 скв.		2,4	4,8	0,33	0,77
Полом	347	1,03	2,06	0,14	0,33
Мал. Полом 1 скв.	38	1,75	3,5	0,24	0,56
Мал. Полом 2 скв.		1,76	3,52	0,24	0,56

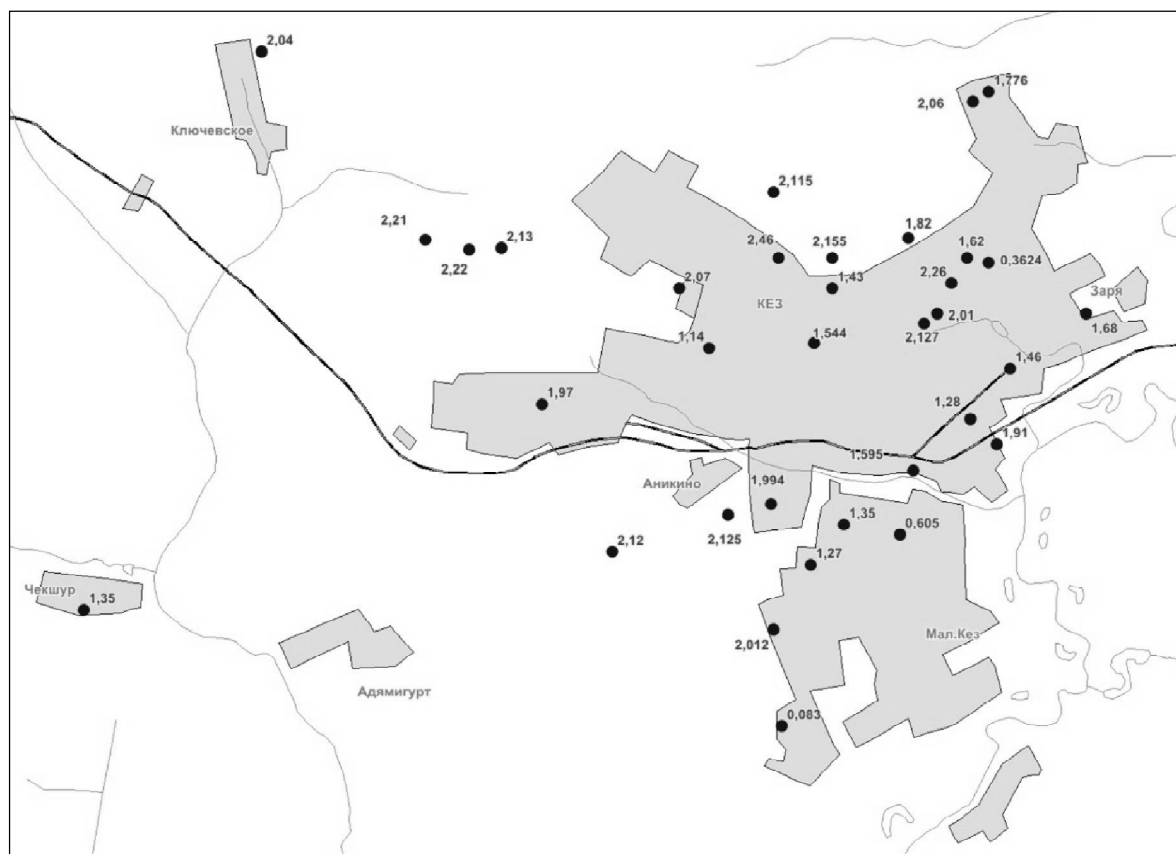


Рис. 1. Содержание бора в скважинах подземных питьевых вод поселка Кез, мг/л

В данной ситуации величина неканцерогенного риска достаточно высока, особенно для детского населения. При этом риску подвергается практически все население поселка (11873 чел., из них дети – 3203 чел.), поскольку альтернативных источников централизованного водоснабжения на данный момент в поселке не существует.

Территориальное сопоставление содержания бора в питьевых скважинах и уровня заболеваемости населения по данным фельдшерско-акушерских пунктов показало неоднозначную картину (рис. 2). Для Кезского района с низкой плотностью сельского населения (менее 10 чел/км²) и существенной удаленностью многих населенных пунктов от центральной районной больницы официально регистрируемый уровень заболеваемости отражает прежде всего доступность и посещаемость населением ФАПов и врачебных амбулаторий. Хотя в большинстве случаев при содержании бора выше гигиенических нормативов (0,5 мг/л) уровень общей заболеваемости населения составляет более 1700 ‰.

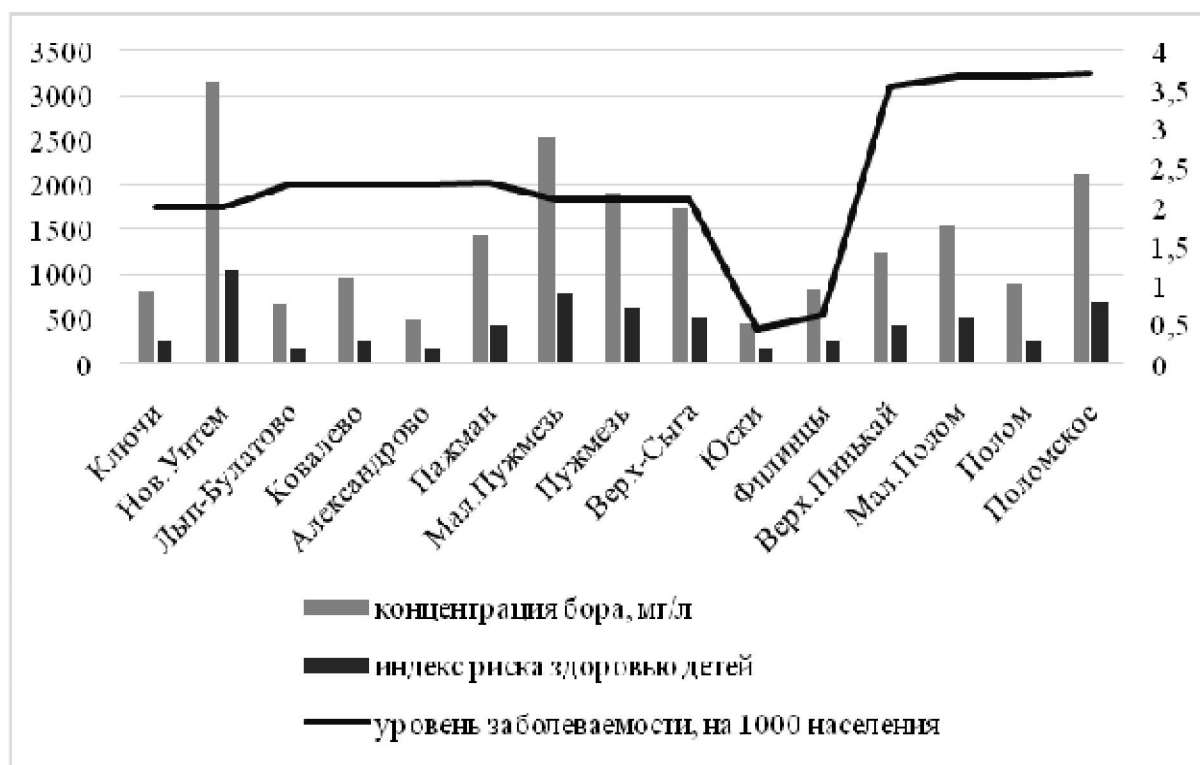


Рис. 2. Сопоставление содержания бора в эксплуатационных скважинах питьевых вод и уровня заболеваемости населения по отдельным населенным пунктам Кезского района

При анализе медико-статистической информации на уровне административных районов Удмуртской Республики четко проявляются высокие уровни заболеваемости населения северо-восточной части республики, включая Кезский район [4]. Наиболее высокие показатели регистрируются по классу болезни органов пищеварения (рис. 3): неинфекционный энтерит и колит, болезни желчного пузыря, желчевыводящих путей и болезни поджелудочной железы, а также по классу болезни мочеполовой системы (рис. 4), включая мочекаменную болезнь. Возникновение и распространение данных болезней во многом определяется низким качеством потребляемой питьевой воды. При этом следует отметить, что на территории Кезского района качество подземных питьевых вод в большинстве случаев не удовлетворяет нормативным требованиям не только по бору, но и по другим показателям природного происхождения. В пос. Кез и в отдельных скважинах района фиксируется высокая концентрация гидрофтора, что может вызывать изменения костной ткани, поражение почек, флюороз (пятнистая эмаль зубов) [2]. В 5 % скважин отмечается незначительное превышение ПДК по кремнию. Такие концентрации не представляют для населения серьезной опасности, поскольку в организме усваивается только 4 % этого вещества.

Также на территорию Кезского и Базинского районов приходится наибольшее в Удмуртии количество скважин (16–19 %), выводящих природные некондиционные воды с высоким содержанием

хлоридов. Они приурочены преимущественно к пойме Чепцы, где происходит разгрузка слабоминерализованных и соленых вод. Высокое содержание хлоридов может привести к нарушениям пищеварительной системы, желчно- и мочекаменной болезням, патологиям сердечно-сосудистой системы [2].

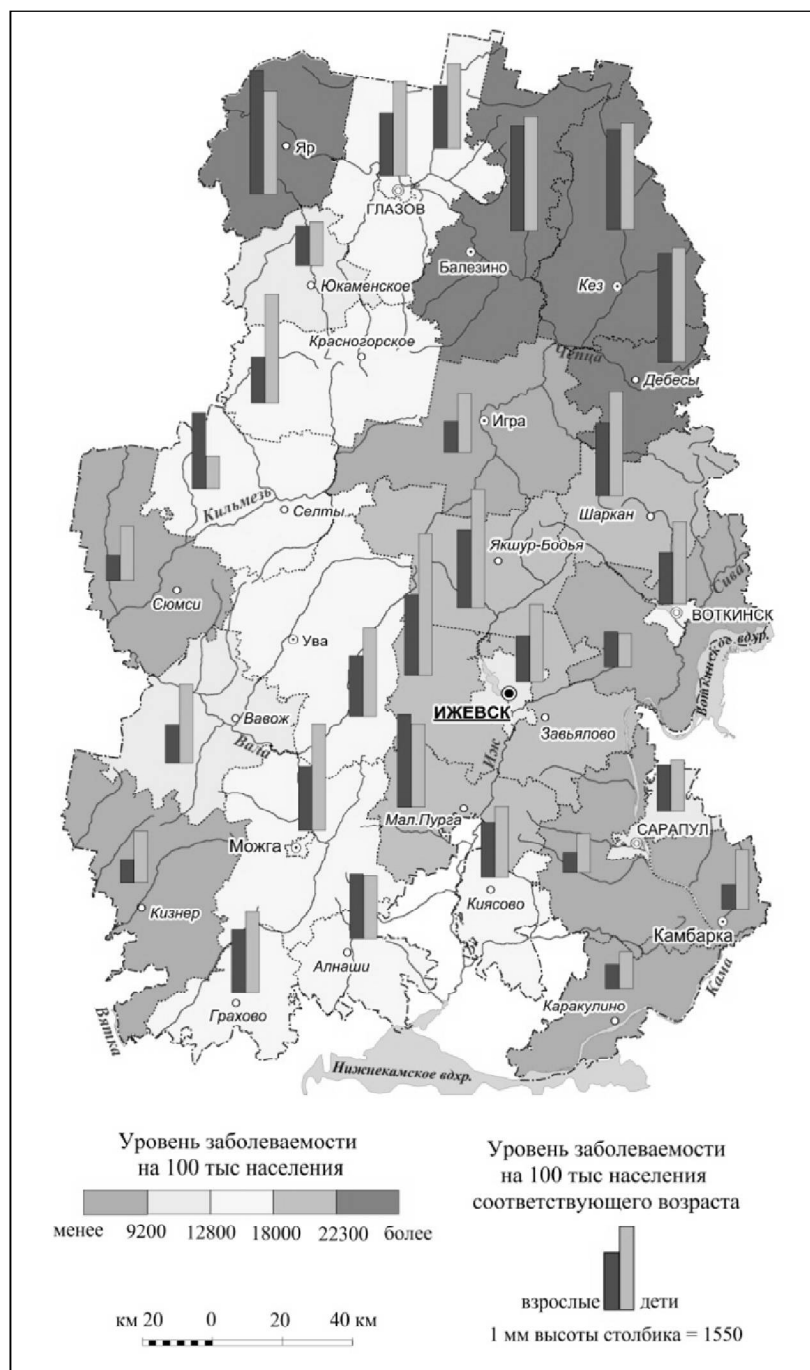


Рис. 3. Распространенность болезней органов пищеварения среди населения Удмуртской Республики, 2013–2015 гг. [3]

Доля скважин, в природных водах которых выше питьевых норм фиксируются сульфаты, в пределах Кезского и Балезинского районов составляет 8 и 12 % соответственно. Это может стать причиной расстройства желудочно-кишечного тракта. Сульфат магния вызывает кожные заболевания, упадок сердечной деятельности. Сульфат натрия, при длительном употреблении с водой, оказывает токсическое действие на детей [2].

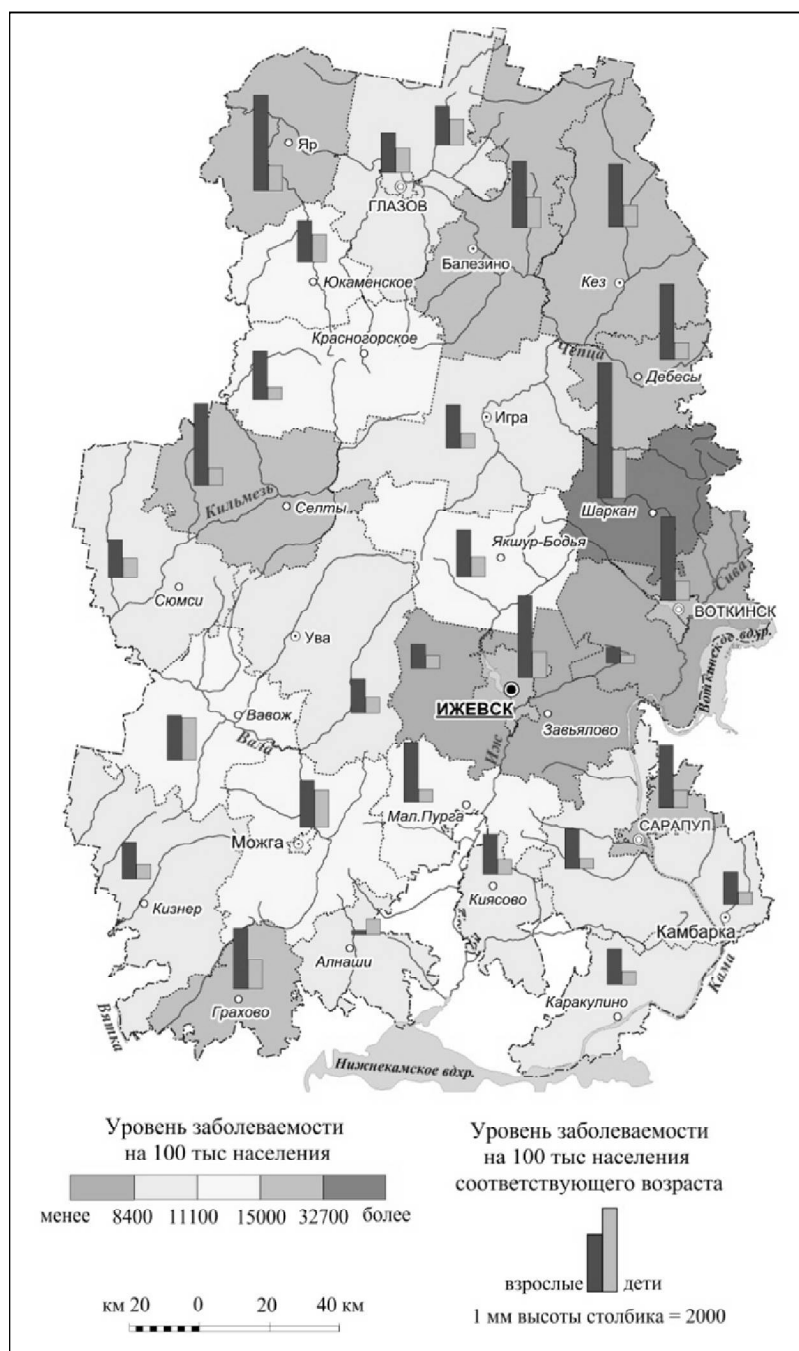


Рис. 4. Распространенность болезней мочеполовой системы среди населения Удмуртской Республики, 2013-2015гг. [3]

Заключение

По результатам поисково-оценочных работ на питьевые подземные воды для обеспечения водоснабжения п.Кез в 2008 г. на участке «Верх-Удинский» (около д. Верх-Уди) утверждены запасы подземных вод в количестве 1,5 тыс. м³/сут по категории С₂(протокол № 3 (В)-2009 Удмуртнедра). Качество воды данного участка соответствует всем нормативным требованиям. Необходимо изыскать средства для проектирования и монтажа системы централизованного водоснабжения населения пос.Кез.

На данный момент местному населению рекомендуется использовать в питьевых целях бутилированную розничную воду, либо очищать воду при помощи бытовых фильтров с системой обратного осмоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов И.С., Кубацких Н.В., Сысоева О.В., Бакланова Н.З., Машков А.Ф. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Удмуртской Республики за 2014 год. Вып. 19. Ижевск, 2015. 193 с.
2. Беляев Е.Н., Домнин С.Г., Митин А.В., Корсак М.Н. Питьевая вода и здоровье населения. Вып. 1. Влияние химического состава воды на здоровье населения. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. 63 с.
3. Малькова И.Л., Рубцова И.Ю. Медико-географическая оценка природных условий Удмуртии: монография. Ижевск: Изд. центр «Удмуртский университет», 2016. 206 с.
4. Медико-демографический атлас Удмуртской Республики: информ.-справоч. изд. / под ред. И.Л.Мальковой. Ижевск, 2016. 100 с.

Поступила в редакцию 25.08.2018

Анисимов Иван Сергеевич, аспирант кафедры экологии и природопользования

E-mail: ivaann86@mail.ru

Малькова Ирина Леонидовна, кандидат географических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования

E-mail: mi.izhevsk@mail.ru

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

I.S. Anisimov, I.L. Malkova

**SUB-STANDARD UNDERGROUND DRINKING WATERS OF THE KEZSKY DISTRICT
OF THE UDMURT REPUBLIC AS A RISK FACTOR TO THE POPULATION HEALTH**

High rates of incidence of the population on a class of diseases of digestive organs and urinogenital system are characteristic of administrative regions of a north-eastern part of the Udmurt Republic. One of the leading factors of high incidence is the unsatisfactory quality of underground drinking waters whose share in the centralized economic and drinking water supply of Kezsky district makes 100 %. Excess of hygienic standards for many indicators of natural origin from which the greatest danger is constituted by boron is noted. Excess of the maximum allowable concentrations (MAC) of boron is registered in 54 % of total number of wells in the territory of the area. The size of non-carcinogenic risk to the population health and time of manifestation of toxic effect in connection with consumption of sub-standard drinking waters is estimated in the work. 4360 people (21 % of the population), living in rural settlements of Kezsky district are exposed to risk. The dangerous risk level to health of children is noted in New Untem and Cheptsy where concentration of boron is more than 7 times higher than maximum allowable concentration. In the settlement of Kez where 94 % of wells release underground waters with boron content from 1,21 to 4,92 MAC, almost all children (3200 people) are subject to high risk causing concern.

Keywords: underground drinking waters, risk to health of the population, Udmurt Republic, boron.

REFERENCES

1. Anisimov I.A., Kubazkih N.V., Sysoeva O.V., Baklanova N.Z., Machkov A.F. *Informatsionnyy byulleten sostoyaniya geologicheskoy sredy na territorii Udmurtskoy Respubliki za 2014 god* [Information bulletin on the state of the geological environment in the territory of the Udmurt Republic for 2014], iss. 19, Izhevsk, 2015, 193p. (in Russ).
2. Belyaev E.N., Domnin S.G., Mitin A.V., Korsak M.N. [Drinking water and public health] in *The influence of the chemical composition of water on public health*. Issue 1. M.: Federal State Sanitary and Epidemiological Surveillance Center of the Ministry of Health of Russia, 2002, 63 p. (in Russ).
3. Malkova I.L., Rubzova I.Yu. *Medico-geograficheskaya ozenka prirodnnykh usloviy Udmurtii* [Medico-geographical assessment of the natural conditions of Udmurtia]: monograph, Izhevsk: Udmurt University Publishing Center, 2016, 206 p. (in Russ).
4. *Medico-demograficheskij atlas Udmurtskoi Respubliki* [Medical and Demographic Atlas of the Udmurt Republic] / Malkova I.L.(ed), Information reference edition, Izhevsk, 2016, 100 p. (in Russ).

Received 25.08.2018

Anisimov I.S., postgraduate student at Department of Ecology and nature management

E-mail: ivaann86@mail.ru

Malkova I.L., Candidate of Geography, Associate Professor at Department of Ecology and nature management

E-mail: mi.izhevsk@mail.ru

Udmurt State University

Universitetskaya st. 1, Izhevsk, Russia, 426034