

Гидрологические исследования

УДК 556.3(470.57)(045)

А.А. Артемьева, П.А. Чайкасов

АНАЛИЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ПОСЕЛКА КЕЗ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В п. Кез Удмуртской Республики хозяйственно-питьевое водоснабжение осуществляется за счет подземных вод. Качество подземных вод не соответствует в полной мере гигиеническим нормативам. Формирование химического состава природных вод в районе исследования определяется в основном природными факторами, а именно гидрогеологическими условиями их залегания. Антропогенные факторы в районе исследования не оказывают существенного влияния на качество подземных вод. Практически повсеместно встречаются воды с превышением нормативов по бору, а также с повышенным уровнем минерализации. Превышений ПДК по нитратам, нитритам и аммонии не зафиксировано. Для обеспечения населения качественными питьевыми водами предлагается поиск других подземных источников водоснабжения, вода из которых будет соответствовать гигиеническим нормативам. Анализ гидрогеологических данных и условий залегания водоносных горизонтов района исследования показал, что наиболее подходящими для эксплуатации являются слободской комплекс и кровля верхнеуржумских свит. Бурение более глубоких скважин приведет к ухудшению качества воды нижележащими щелочными водами, которые в силу своей щелочности будут более активно растворять бор, содержащийся в горных породах. Также выявлено, что бурение скважин для питьевых нужд в глубоких врезках речных долин нецелесообразно в связи с тем, что в таком случае вскрываются высокоминерализованные воды. Поисковые работы целесообразно проводить в рамках гидрогеологических исследований территории и проведения регионального мониторинга подземных вод.

Ключевые слова: гидрогеологические условия залегания подземных вод, качество подземных вод, повышенная минерализация, Удмуртская Республика, поселок Кез.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-3-318-327

В п. Кез Удмуртской Республики (УР) эксплуатируется 27 скважин для обеспечения хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения населения поселка. Основное количество скважин имеет глубину 120 м, что превышает нижнюю границу распространения кондиционных подземных вод. Анализ данных регионального мониторинга за качеством подземных вод, проводимого АУ «Управление Минприроды УР»¹, показал несоответствие их качества гигиеническим нормативам по содержанию бора, уровню минерализации. Качество подземных вод в районе исследования определяется в основном природными факторами, а именно гидрогеологическими условиями залегания подземных вод.

Низкое качество подземных вод, обусловленное природными факторами, а также отсутствие централизованной водоподготовки определяют уровень общетоксических рисков для здоровья населения. Данные вопросы актуальны для сельских населённых пунктов как на территории УР, так и в целом по России, и рассматриваются в ряде региональных исследований [1-11]. Возможным решением проблемы является более детальное исследование и анализ гидрогеологических условий залегания подземных вод и поиск других подземных источников водоснабжения, вода из которых будет соответствовать гигиеническим нормативам.

Материалы и методы исследований

С целью оценки гидрогеологических условий залегания подземных вод, их разгрузки и выявления гидродинамической связи подземных вод с поверхностными водами в рамках учебной деятельности совместно с сотрудниками АУ «Управление Минприроды УР» проводились опытно-фильтрационные работы на поисковых скважинах с последующим отбором проб воды в долине реки

¹ 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».

Уди, в 7 километрах севернее п. Кез, гидрологические изыскания на реках: Уди, Юс, Лып и Костым в месяцы летней межени для выявления объема подпитки поверхностных вод подземными. На основании данных бурения и данных геофизических исследований был составлен гидрогеологический разрез п. Кез и прилегающих территорий, а также оформлен картографический материал. Дополнительно проводились работы по мониторингу колебаний уровня воды на поисковых скважинах.

В ходе выполнения исследования также были использованы результаты мониторинга подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения на территории поселка Кез, проводимого АУ «Управление Минприроды УР» в рамках работ по федеральному и региональному мониторингу подземных вод в 2021 г.² Для отображения результатов исследования, указания потенциальных источников загрязнения подземных вод за основу был принят картографический материал АУ «Управление Минприроды УР»³ с указанием расположения эксплуатационных скважин.

Результаты и их обсуждение

Район работ расположен в пределах Камско-Вятского артезианского бассейна, что определяет основные характеристики гидрогеологических условий. В соответствии с принятой для Камско-Вятского артезианского бассейна гидрогеологической стратификацией в пределах рассматриваемой территории были выделены следующие гидрогеологические подразделения (сверху-вниз):

1. Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (ВГ аQ).

Распространен в долинах рек Лып, Юс, Костым. Отложения слагают пойму и I надпойменную террасу. Опробован только за пределами района работ. Описание приводится по съемочным данным.

Водовмещающими породами являются пески серые и желтовато-коричневые, кварцевые, разнотернистые. В нижней части разреза они содержат гравий и гальку метаморфических и осадочных пород. По характеру движения и условиям залегания воды относятся к пластово-порovým. Глубина их залегания изменяется от 0,7 до 6,3 м. Горизонт имеет свободное зеркало воды.

Мощность обводненной зоны достигает 5–7 м. При откачках из колодцев и скважин дебиты изменялись от 0,04 до 0,8 л/с. Удельные дебиты не превышали 0,2 л/с·м.

По химическому составу воды горизонта относятся к пресным гидрокарбонатным магниевым-кальциевым. Минерализация изменяется от 0,3 до 0,6 г/л. Питание осуществляется за счет атмосферных осадков. Разгрузка происходит в речную сеть.

Водоносный горизонт эксплуатируется редко встречающимися колодцами. Вода используется местным населением для хозяйственных нужд, редко для питья. Низкая водообильность, слабая защищенность вод этого горизонта крайне затрудняет его использование в качестве источника централизованного водоснабжения.

2. Проницаемый (слабопроницаемый) локально водоносный (слабоводоносный) слободской терригенный комплекс (ВК P₃sl).

Породы комплекса слагают вершины водоразделов рек Юс, Лып, Кездурка. Опробован в части поисковых скважин №№ 2п, 3п и родников.

На территории района работ имеются родники, дренирующие слободской водоносный комплекс (5 родников в районе д. Юски, родник № 42 в урочище Ильягурт, родник № 20, южнее д. Верх-Уди).

Водовмещающими породами являются песчаники коричневые разнотернистые, глинистые, слабосцементированные с линзами и прослоями конгломератов.

Песчаники залегают в основании разреза свиты в виде линз, выполняющих палеоруслу, и по простиранию замещаются алевролитами или тонким переслаиванием алевролитов и песчаников. Максимальная вскрытая мощность водовмещающих песчаников достигает 15,0 м по району работ, на Верх-Удинском участке – 9,0 м.

² 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».

³ 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».

Нижняя граница комплекса проводится по подошве песчаников, залегающих с размывом на отложениях сырьянской свиты (P_{2stn}), на абсолютных отметках 180–200 м.

По характеру движения и условиям залегания воды относятся к пластово-порovým и пластово-трещинным. Воды комплекса безнапорные или слабонапорные с величиной напора от 4 до 13 м, на Верх-Удинском участке – 5,6 м. Мощность обводненной зоны достигает 10–20 м.

Водообильность слободских отложений весьма неравномерная и определяется условиями залегания, мощностью и литологическим составом водовмещающих пород. Дебиты скважин составляют 0,35–1,25 л/с при понижениях 13,5–23,6 м, удельные дебиты 0,01–0,37 л/с. Расход родников – от 0,1 до 2,5 л/с, чаще 0,3–0,5 л/с.

3. Водоносная (слабоводоносная) верхнеуржумская карбонатно-терригенная свита ($BC P_{2ur_2}$).

Распространена повсеместно. Залегает на значительной части территории непосредственно под чехлом четвертичных отложений. Вскрывается и опробована в подавляющем большинстве скважин района.

В ходе опытно-фильтрационных работ, а также с учетом данных ранее проведенных исследований на рассматриваемой территории [12] было установлено, что основными водовмещающими породами являются песчаники и известняки, реже – трещиноватые мергели. При этом в основном песчаники мелкозернистые, с глинистым заполнителем, что ухудшает их свойства как коллекторов. Залегание песчаников отмечено в виде линз в различных частях разреза. Общее количество прослоев в поисковых скважинах изменяется от 1 до 3–4. Мощность отдельных прослоев изменяется от 1 до 25,7 м (съёмочная скважина № 11). Характерные значения составляют 3–5 м. Глубины залегания водовмещающих песчаников изменяются от 24 до 95 м.

Водовмещающие известняки характеризуются высокой трещиноватостью. Развита они обычно в кровле свиты. Мощность водоносных прослоев составляет от 0,8–1,0 до 2,0–6,0 м. Суммарная мощность водовмещающих пород в поисковых скважинах изменяется от 2,4 до 21,0 м при характерных значениях 7–10 м.

Воды свиты порово-трещинные, напорные. Величина напора зависит от глубины залегания водовмещающих прослоев. Для наиболее мощных прослоев в подошве комплекса характерны значения в 37–69 м.

Дебиты в районе работ изменяются от 0,04 до 5,85 л/с при понижениях 3,68–61,1 м. Удельные дебиты составляют 0,003–1,05 л/с·м.

Дебиты родников достаточно высоки и изменяются от 1,0–1,5 до 5,2 л/с. Родниковая разгрузка обычно связана с выходом на поверхность трещиноватых мергелей, залегающих в верхней части разреза свиты.

В целом водоносный горизонт P_{2ur_2} представляет собой сложнослоистую толщу, водовмещающие прослои в разрезе которой переслаиваются с относительными водоупорами. Подземные воды, залегающие в линзах и прослоях на различных гипсометрических уровнях, часто оказываются изолированными. Этим обстоятельством объясняется существующая гидрохимическая зональность в пределах водоразделов.

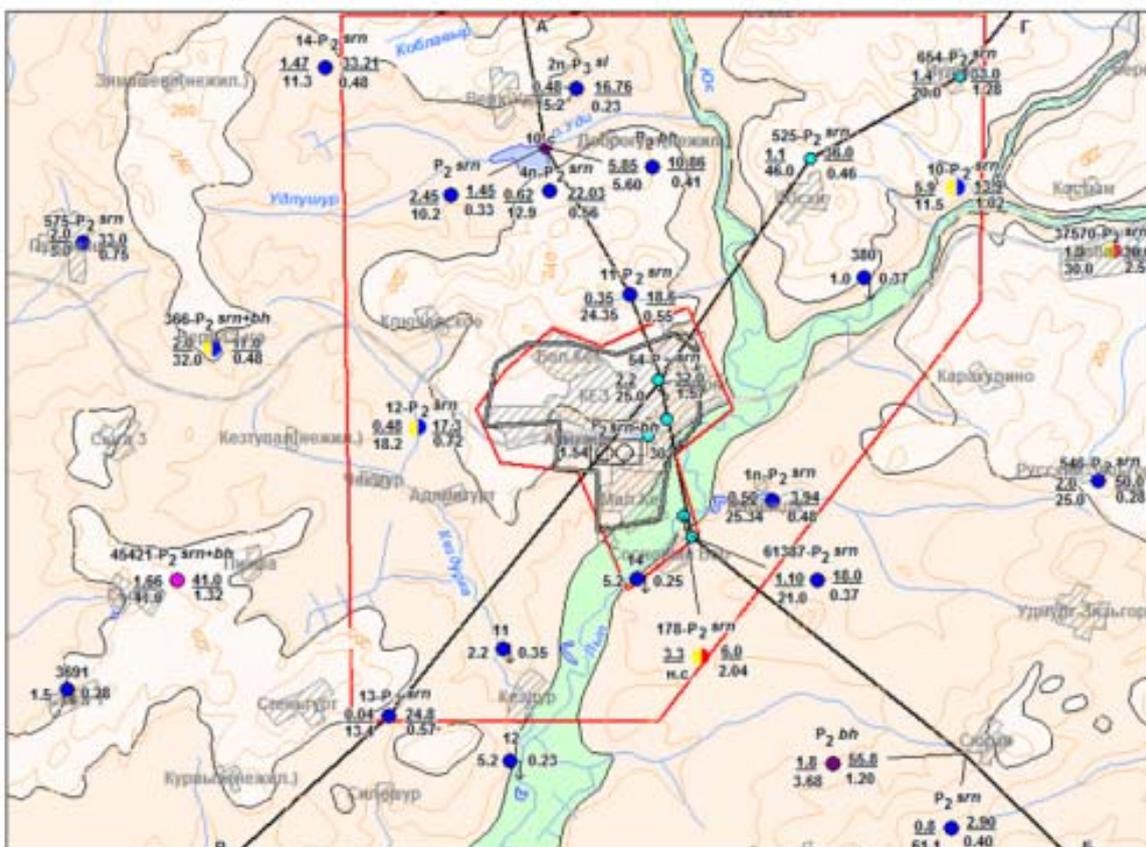
В самой верхней части разреза, до глубин эрозионных врезов основных водотоков, развиты гидрокарбонатные кальциевые и магниевые-кальциевые воды. Это в основном родниковые воды. Минерализация их составляет 0,3–0,4 г/л, слабощелочные – рН 7,2–7,9. Общая жесткость воды изменяется от 4,24 до 5,00 °Ж. Вода соответствует питьевым нормам.

В районе работ на абсолютных отметках 150–180 м расположена предполагаемая нижняя граница зоны кондиционных вод. Мощность зоны кондиционных вод – до 80 м.

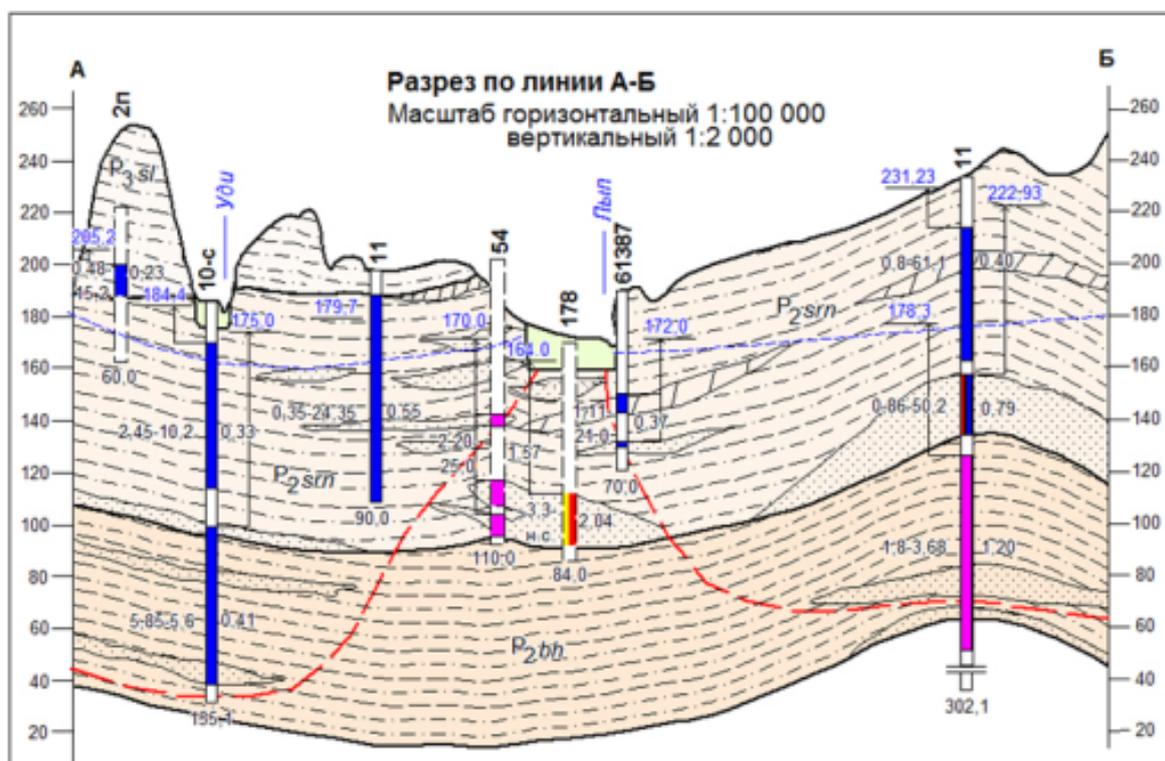
В рамках проведенного мониторинга за состоянием подземных вод, а также с учетом данных ранее проведенных исследований на рассматриваемой территории [1] было установлено, что ниже на водоразделах залегают пресные гидрокарбонатные натриевые воды, которые имеют минерализацию от 0,3 до 0,8 г/л, очень мягкие (жесткость 0,1–0,5°Ж) и с щелочной реакцией (рН 9,1–9,7). При этом в рамках исследований установлено, что они не отвечают питьевым нормам по содержанию бора – 0,3–1,28 мг/дм³ (при ПДК 0,5 мг/дм³), фтора 0,48–2,5 мг/дм³ (при ПДК 1,5 мг/дм³).

В долине р. Лып описанная зональность нарушается. Здесь на глубине 15 м (скважина № 10) вскрываются солоноватые воды с минерализацией до 2,0 г/л. Анионный состав вод становится трехкомпонентным с преобладанием гидрокарбонатов и хлора. В катионном составе доминирует натрий. Воды не отвечают питьевым нормам по целому ряду показателей химического состава.

А) Гидрогеологическая карта-схема района исследования. Масштаб 1:100 000.
Сплошные горизонталы проведены через 20 м.

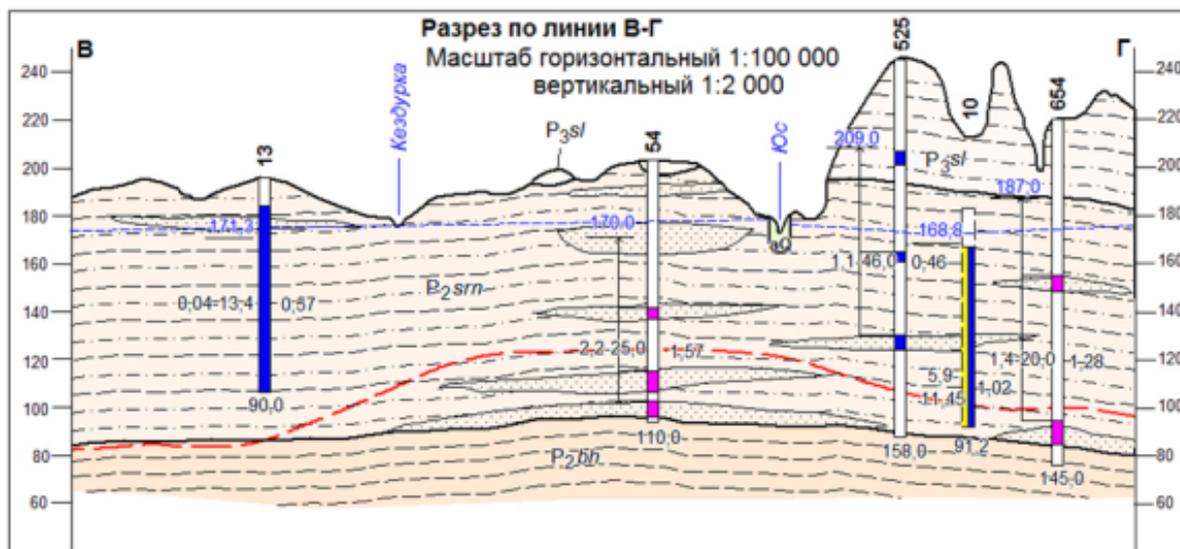


Б) Гидрогеологический разрез (разрез по линии А-Б).

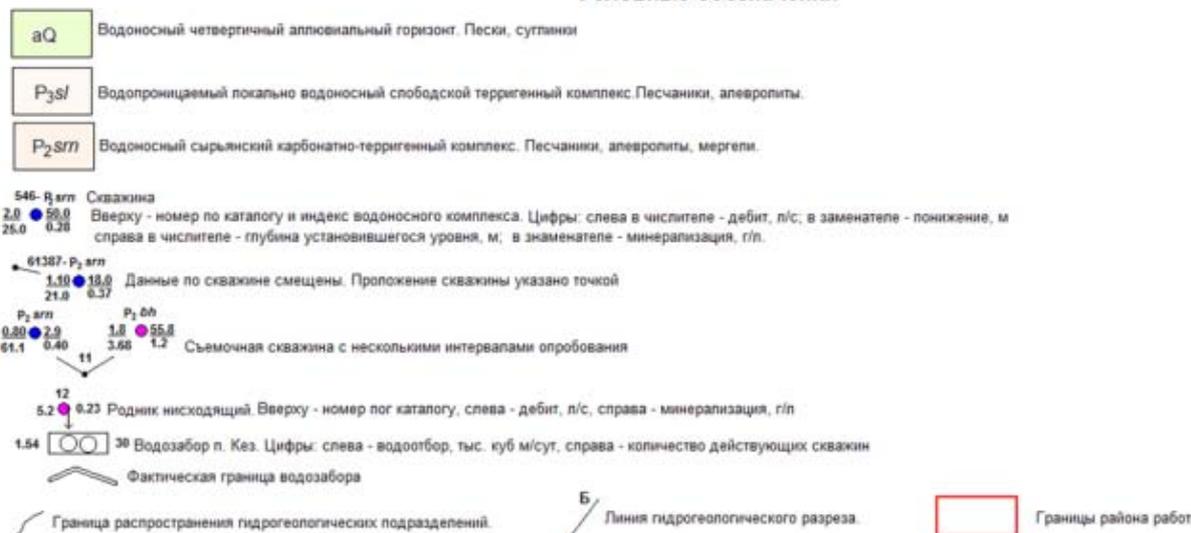


Продолжение рис. 1

В) Гидрогеологический разрез (разрез по линии В-Г).



Условные обозначения



На разрезах

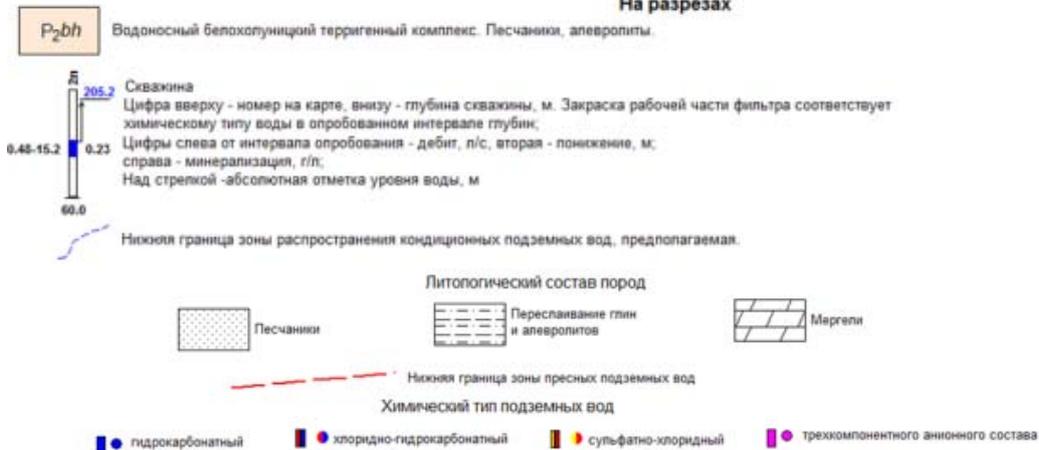


Рис. 1. Гидрогеологическая карта-схема и гидрогеологические профили района исследования (материал разработан авторами совместно с сотрудниками АУ «Управление Минприроды УР»)

Положение гидрогеологических подразделений в плане и разрезе показано на рис. 1. Данный материал разработан авторами совместно с сотрудниками АУ «Управление Минприроды УР» в рамках проведенных исследований.

Всего на территории п. Кез насчитывается 27 скважин различного назначения, основное количество скважин расположено в северной и северо-восточной частях поселка. Скважины были пробурены в 1960–1990 гг. с целью эксплуатации для хозяйственного (16 скважин) и технического (8 скважин) водоснабжения населения поселка, а также для наблюдательных и исследовательских целей. Наблюдения осуществляются силами АУ «Управление Минприроды УР» в рамках работ по федеральному мониторингу подземных вод и регионального мониторинга. Глубина скважин в среднем 120 м, что выше нижней границы залегания кондиционных подземных вод.

Карта-схема расположения скважин на территории поселка Кез представлена на рис. 2.⁴

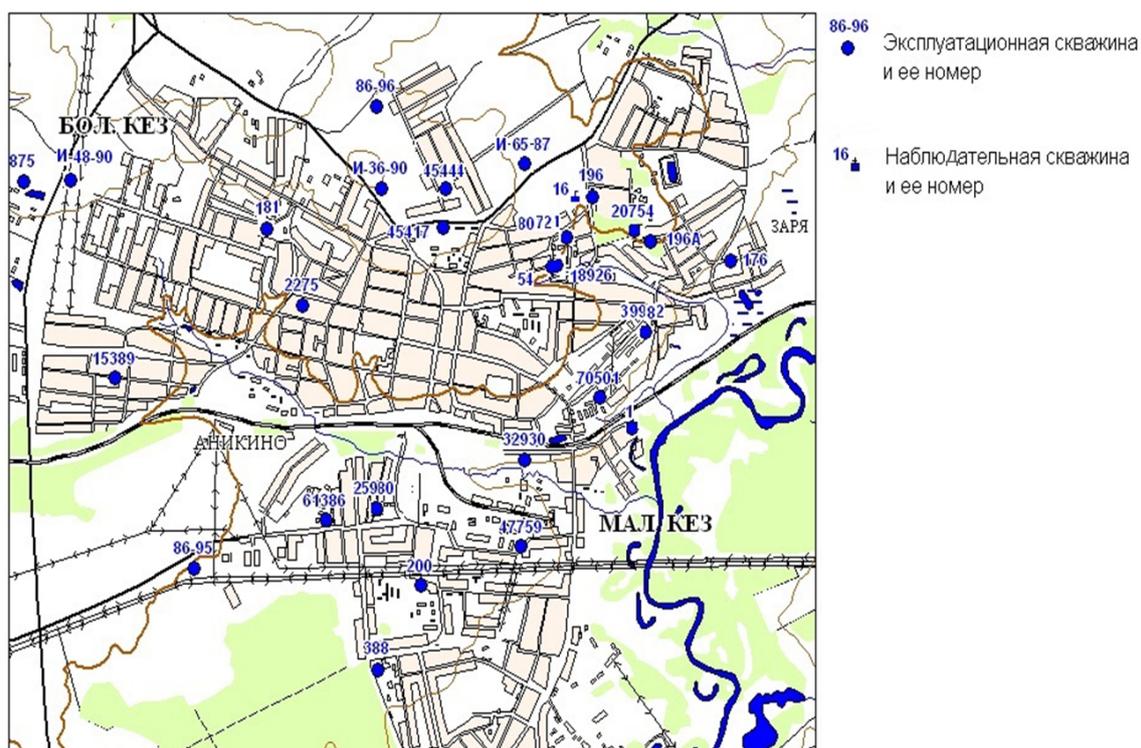


Рис. 2. Карта-схема расположения водозаборных скважин в поселке Кез

Результаты наблюдений, проводимых АУ «Управление Минприроды УР»⁵ в рамках мониторинга, показали, что во всех скважинах качество подземных вод не соответствует нормативным показателям. Это объясняется естественными причинами залегания подземных вод: при фильтрации вод через толщу пермских континентальных красноцветов (в среднем толщина 100 м) происходят процессы взаимодействия в системе «вода-горная порода», которые приводят к значительному изменению химического состава подземных вод с накоплением отдельных компонентов выше допустимых нормативных гигиенических показателей. В основном это процесс катионного обмена Ca^{2+} и Mg^{2+} на Na^+ , приводящий к «смягчению» вод, а также их обогащению бором. Обогащение бором происходит как вследствие содержания бора в водовмещающих породах верхнепермского возраста, так и вследствие влияния натриевого макрокатионного состава подземных вод, способствующего переходу бора из твердой фазы в жидкую фазу. Кроме того, в рамках исследования установлено, что по мере увели-

⁴ 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».

⁵ 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».

чения глубины скважин также отмечается повышение концентрации бора, что обусловлено перетеканием напорных вод нижележащих горизонтов в вышележащие. Это подтверждено отбором проб из поисковых скважин, расположенных в долине реки Уды. Скважина № 1 была пробурена на правом берегу реки, глубиной 70 м, концентрация бора – 0,6 мг/л, при ПДК 0,5 мг/л. На противоположном берегу была пробурена поисковая скважина № 7 глубиной 35 м, концентрация бора – 0,111 мг/л.

Помимо повышенного содержания бора в подземных водах, для хозяйственно-питьевого водоснабжения поселка Кез характерна проблема повышенной минерализации. В скважинах, которые расположены в низменных местах, минерализация составляет более 1 г/л. Это связано с тем, что у водотоков и рек, зачастую, граница кондиционных вод приближается к абсолютной отметке 100–110 м. Так, на примере разведочно-эксплуатационной скважины № 18926 отмечается тенденция увеличения минерализации по ходу эксплуатации скважины, в 1968 г. минерализация составляла 0,48 г/л, а в 1991 г. – 0,83 г/л, в 2020 г. уровень минерализации составил 0,98 г/л, за период с 1991 по 2017 гг. минерализация превышала ПДК в среднем на 1,3 ПДК. Поэтому можно сделать вывод, что при длительной эксплуатации и больших объемах потребления происходит интенсификация водообмена с нижележащими, более минерализованными водами.

Антропогенное загрязнение имеет место быть, но его роль, в сравнении со сложившимися условиями залегания и образования подземных вод, незначительная. Потенциальными источниками загрязнения в районе работ являются: территории свалок, ферм и скотомогильники. В ходе проведения исследования и анализа данных мониторинга за состоянием качества подземных вод превышений ПДК по нитратам, нитритами и аммонии не зафиксировано. Карта-схема возможных источников антропогенного загрязнения представлена на рис. 3.

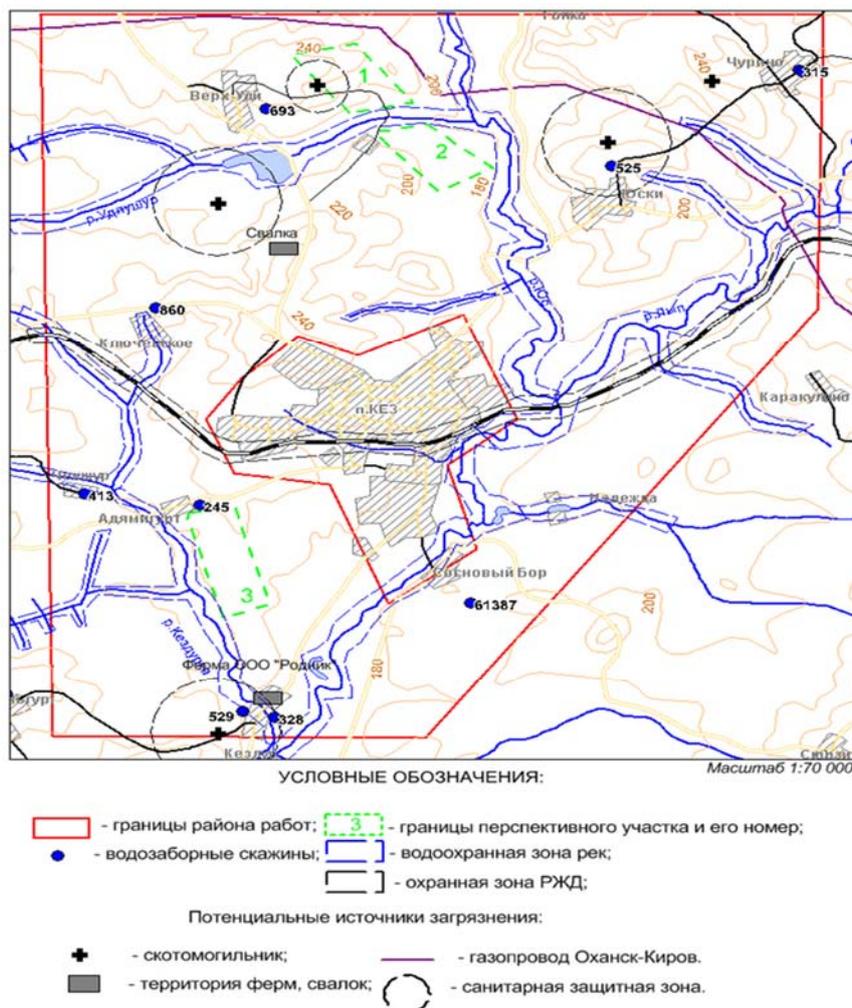


Рис. 3. Карта-схема размещения потенциальных источников антропогенного загрязнения на исследуемой территории

В районе проведения исследования основным видом природопользования является сельскохозяйственная деятельность. Крупное животноводческое предприятие – ферма ООО «Родник», расположенная в д. Кездур, занимается разведением пород крупного рогатого скота (мясо-молочное производство). Ферма расположена на южной окраине района проведения исследовательских работ.

Кроме того, на территории района работ расположено 5 скотомогильников, из них эксплуатируются только 2, которые находятся в д. Чурино (северо-восточная часть района работ) и д. Кездур (южная часть района работ). Санитарно-защитные зоны (СЗЗ) у скотомогильников устанавливаются в зависимости от класса захоронения. Скотомогильник (не действующий) в районе Верх-Удинского участка находится за пределами II пояса зоны санитарной охраны, рассчитанного от проектного водозаборного ряда.

Районная свалка промышленных, коммунальных и иных отходов расположена в 1,5 км севернее п. Кез. Отведенная площадь территории для складирования, захоронения отходов составляет 4,89 га. С 2017 г. данная свалка не эксплуатируется.

Таким образом, формирование химического состава природных вод в районе исследования определяется в основном природными факторами, а именно гидрогеологическими условиями залегания подземных вод. Антропогенные факторы в районе исследования не оказывают существенного влияния на качество подземных вод. Практически повсеместно встречаются воды с превышением нормативов по бору, а также выявлен повышенный уровень минерализации подземных вод. Превышений ПДК по нитратам, нитритам и аммонии не зафиксировано.

Заключение

Анализ гидрогеологических данных и условий залегания водоносных горизонтов показал, что наиболее подходящими для эксплуатации являются слободской комплекс и кровля верхнеуржумских свит. Бурение более глубоких скважин приведет к ухудшению качества воды нижележащими щелочными водами, которые в силу своей щелочности будут более активно растворять бор, содержащийся в горных породах. Также выявлено, что бурение скважин для питьевых нужд в глубоких врезках речных долин нецелесообразно в связи с тем, что в таком случае вскрываются высокоминерализованные воды. Одним из вариантов решения проблемы качества хозяйственно-питьевого водоснабжения населения поселка Кез является поиск новых источников подземного водоснабжения в рамках проводимых гидрогеологических исследований и регионального мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов И.С., Малькова И.Л. Некондиционные подземные питьевые воды Кезского района Удмуртской Республики как фактор риска здоровью населения // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28, вып. 4. С. 384–391.
2. Артемьева А.А. К вопросу о проблеме качества подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения в сельской местности Удмуртии // Актуальные проблемы правовой охраны окружающей среды и природопользования (14 апреля 2022): Междунар., науч.-практ. конф., посвящ. памяти основателя эколого-правового образования в УР д. ю. н., профессора В.Н. Яковлева : сб. ст. / М-во науки и высш. образования РФ, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», Ин-т права, соц. упр. и безопасности. Ижевск: Удмуртский университет, 2022. С. 114–118.
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. университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, Вып. 1. С. 122–133.
6. Артемьева А.А., Чайкасов П.А. Оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения поселка Кез Удмуртской Республики при потреблении питьевой воды из подземных источников водоснабжения // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32, вып. 3. С. 274–283.
7. 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.

8. 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.
9. Зарипов М.С. Аномалии бора в подземных водах в районе г. Набережные Челны // Проблемы геологии и освоения недр. 2017. Т. 1. С. 548–549.
10. Закутин В.П., Вавичкин А.Ю. Основные особенности геохимии бора в пресных подземных водах // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. № 1. С. 30–39.
11. Аничкина Н.В. Исследования биогеохимии фтора в компонентах геосистем // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 3. С. 5–23.
12. Экология и природопользование на территории города Ижевска: Монография / Под ред. И.И. Рысина, О.Г. Барановой. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. 272 с.

Поступила в редакцию 01.09.2023

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

Чайкасов Павел Алексеевич, студент 1 курса магистратуры,
направление подготовки «Прикладная география»
E-mail: shkolinik.pavel@gmail.com

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

A.A. Artemyeva, P.A. Chaikasov

ANALYSIS OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF OCCURRENCE AND QUALITY OF GROUNDWATER IN THE TERRITORY OF KEZ SETTLEMENT OF THE UDMURT REPUBLIC

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-3-318-327

In the village of Kez of the Udmurt Republic, the drinking water supply is carried out at the expense of groundwater. The quality of groundwater does not fully comply with hygienic standards. Formation of the chemical composition of natural waters in the study area is determined mainly by natural factors, namely the hydrogeological conditions of their occurrence. Anthropogenic factors in the study area do not significantly affect the quality of groundwater. Almost everywhere there are waters with excess of boron standards, as well as with an increased level of mineralization. No excess of MPC for nitrates, nitrites and ammonium was recorded. To provide the population with high-quality drinking water, it is proposed to search for other underground sources of water supply, the water from which will comply with hygienic standards. The analysis of hydrogeological data and the conditions of occurrence of aquifers in the study area showed that the Slobodskoy complex and the roof of the Verkhneurzhum formations are the most suitable for operation. Drilling deeper wells will lead to deterioration of water quality by underlying alkaline waters, which, due to their alkalinity, will more actively dissolve boron contained in rocks. It was also revealed that drilling wells for drinking needs in deep cuts of river valleys is impractical due to the fact that in this case highly mineralized waters are opened. Prospecting works should be carried out within the framework of hydrogeological studies of the territory and regional monitoring of groundwater.

Keywords: hydrogeological conditions of groundwater occurrence, groundwater quality, increased mineralization, Udmurt Republic, Kez settlement.

REFERENCES

1. 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. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle*, 2018, vol. 28, iss. 4, pp. 384-391 (in Russ.).
2. Artemyeva A.A. *K voprosu o probleme kachestva podzemnykh vod, ispol'zuemykh dlya pit'evogo vodosnabzheniya v sel'skoy mestnosti Udmurtii* [On the issue of the quality of groundwater used for drinking water supply in rural areas of Udmurtia], in *Sborn. st. mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati professora V.N. Yakovleva "Aktual'nye problemy pravovoy okhrany okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovaniya"*, Izhevsk: Udmurt. Univ., 2022. pp. 114-118 (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. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle*, 2021, vol. 31, iss. 4, pp. 394-403 (in Russ.).
4. Artemyeva A.A. *Otsenka kachestva podzemnykh vod kak faktora riska dlya zdorov'ya naseleniya v rayonakh Udmurtii s razvitoj nefte dobyvayushchey promyshlennost'yu* [Assessment of groundwater quality as a risk factor for public health in Udmurtia regions 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. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle*, 2015, vol. 25, iss. 1, pp. 122-133 (in Russ.).
6. Artemyeva A.A., Chaikasov P.A. [Assessment of the risk of non-carcinogenic effects on the health of the population of the village of Kez of the Udmurt Republic when drinking water is consumed from underground water supply sources], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle*, 2022, vol. 32, iss. 3, pp. 274-283 (in Russ.).
7. 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. Estestvennyye nauki [Bulletin of higher educational institutions. North Caucasus region]*, 2021, no.2, pp. 42-48 (in Russ.).
8. 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 [Scientific review. Medical sciences]*, 2017, no. 5, pp. 20-31 (in Russ.).
9. 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 neдр*, 2017, vol. 1, pp. 548-549 (in Russ.).
10. Zakutin V.P., Vavichkin A.Yu. *Osnovnyye osobennosti geokhimii bora v presnykh podzemnykh vodakh* [Main features of boron geochemistry in fresh groundwater], in *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, 2010, no. 1, pp. 30-39 (in Russ.).
11. Anichkina N.V. [Research of fluorine biogeochemistry in the ecosystem component], in *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki [Scientific Review. Biological sciences]*, 2016, no. 3, pp. 5-23 (in Russ.).
12. *Ekologiya i prirodopol'zovanie na territorii goroda Izhevsk* [Ecology and nature management on the territory of the city of Izhevsk], Rysin I.I., Baranova O.G. (ed), Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2018, 272 p. (in Russ.).

Received 01.09.2023

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., 1st year student of the master's degree, the direction of training «Applied geography»
E-mail: shkolinik.pavel@gmail.com

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