

Научная статья
УДК 57.042:556
DOI 10.18101/2587-7143-2022-1-58-65

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
В УСЛОВИЯХ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
г. УЛАН-УДЭ**

© Шантагарова Наталья Валерьевна

преподаватель
n19n05v81@mail.ru

© Санжиева Светлана Егоровна

доктор биологических наук, доцент
svegorsanzhieva@gmail.com

© Хандуева Вера Дабасевна

кандидат географических наук, доцент
verahandueva@mail.ru

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
Россия, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В

Аннотация. В условиях возрастающего ухудшения качества поверхностных вод, используемых для питьевого водоснабжения, стратегической задачей является переход на подземные воды как источника обеспечения населения питьевой водой стабильного качества. Данный переход на потребление подземных вод в качестве питьевых должен соответствовать всем требованиям нормативно-технической документации, в том числе по санитарно-химическим показателям. В статье приведены результаты мониторинговых исследований экологического состояния подземных вод в условиях индивидуального жилищного строительства г. Улан-Удэ, имеющего характер нерегулируемой застройки, и несогласованного использования подземных вод в качестве питьевых, а также неконтролируемого сброса сточных вод в дренируемые грунты.

Ключевые слова: подземные воды, ресурсы подземных вод, мониторинг подземных вод, нецентрализованное водоснабжение, санитарно-химические показатели качества питьевых подземных вод, септик.

Для цитирования

Шантагарова Н. В., Санжиева С. Е., Хандуева В. Д. Исследование подземных вод в условиях индивидуального жилищного строительства г. Улан-Удэ // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2022. № 1. С. 58–65.

Введение. Важнейшей проблемой современности является обеспечение населения качественной питьевой водой, в решении которой во многих странах приоритет отдается подземным водам. Они являются одним из источников водоснабжения и важнейшим полезным ископаемым. Пресные подземные воды наряду с поверхностными водами служат главным образом для питьевых целей. В условиях возрастающего ухудшения качества поверхностных вод пресные подземные воды являются нередко единственным источником обеспечения населения питьевой водой высокого качества, защищенным от загрязнения.

Наибольшую ценность представляют подземные воды с низкой минерализацией (пресные) до 1 г/дм³, которые рекомендуются к использованию в качестве питьевых.

Основным источником централизованного питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения г. Улан-Удэ являются подземные воды. По состоянию на 01.01.2021 г., по предварительным данным государственного баланса запасов, для водоснабжения населения г. Улан-Удэ разведаны и оценены запасы 11 месторождений (участков) подземных вод в количестве 601,203 тыс. м³/сут. Но в данном случае речь идет о месторождениях, подготовленных для централизованного водоснабжения¹.

По предварительным данным статистической отчетности, в 2020 г. для водоснабжения г. Улан-Удэ суммарно добыто 89,814 тыс. м³/сут подземных вод, в т. ч. на месторождениях — 81,583 тыс. м³/сут (в эксплуатации находилось 4 месторождения), на участках с неутвержденными запасами — 8,231 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов составила 13,6%. В данном балансе не учтены подземные воды, добываемые для питьевого водоснабжения через автономные скважины физическими лицами, проживающими в условиях индивидуального жилищного строительства².

В настоящее время в г. Улан-Удэ наблюдается неорганизованная тотальная индивидуальная жилая застройка, источниками водоснабжения которой являются подземные воды. Скважины подземных вод в условиях ИЖС устанавливаются без учета санитарных требований, при этом на одном участке в непосредственной близости соседствуют скважина и выгребная яма³.

Население, проживающее в условиях ИЖС, самостоятельно бурит скважины подземных вод без исследования их качества, зачастую дойдя до первого уровня грунтовых вод, и используют эти воды в питьевых целях. Грунтовые воды залегают близко к поверхности земли и являются достаточно загрязненными в результате дренирования осадков, содержащих различные химические вещества и микроорганизмы. Кроме того, для скважин подземных вод должна быть организована зона санитарной охраны, основное назначение которой является предотвращение их загрязнения. Проблема загрязнения подземных вод является актуальной, поскольку в условиях индивидуальной жилой застройки полностью отсутствует контроль за организацией скважин и отведением сточных вод. Собственники земельных участков являются активными пользователями водных ресурсов, формируя при этом сточные воды, которые по своему составу относятся к хозяйственно-бытовым, нанося значительный экологический ущерб окружающей среде.

Мониторинг качества подземных вод, добываемых для централизованного водоснабжения, проводит Управление Роспотребнадзора по Республике Бурятия. Следует отметить, что мониторинговых наблюдений за качеством подземных вод из автономных скважин в настоящий момент не проводится, только по жалобам

¹ Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году».

² Там же.

³ Государственные доклады «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2018 году».

жителей или их личной заинтересованности в определении качества употребляемой воды. В связи с вышеизложенным изучение экологического состояния подземных вод автономных скважин в условиях индивидуальной жилой застройки является актуальным. Все исследования по данной теме проведены на территории левобережья г. Улан-Удэ.

В городе проживает около половины населения Республики Бурятия, и добывается подземной воды в сумме около 66% от общего количества извлекаемой воды без учета водоотлива из горных выработок¹. При этом население города ежегодно увеличивается, в основном за счет проживающих в неблагоустроенном жилом фонде. Наблюдается проблема массового индивидуального жилищного строительства. Город Улан-Удэ обрастает малоэтажными поселками с деревянными домами, возведенными силами самих жителей.

Источниками водоснабжения в условиях ИЖС чаще всего являются частные скважины подземных вод. Они устанавливаются без учета санитарных требований, при этом на одном участке в непосредственной близости соседствуют скважина и выгребная яма [1]. Также зачастую выгребные ямы устанавливаются без соблюдения санитарных требований, и сточные воды дренируют в грунты без очистки, в конечном итоге существует опасность их проникновения в подземные воды².

В связи с бесконтрольным использованием подземных вод, интенсивным их потреблением, сбросом образующихся сточных вод в септики без соблюдения санитарных требований изучение качества подземных вод является весьма актуальным. Так, были проведены исследования санитарно-химических показателей качества подземных вод в условиях ИЖС г. Улан-Удэ, в ходе которых сделано 477 анализов. Отбор проб воды для химического анализа осуществляли из разных точек индивидуальных жилых застроек г. Улан-Удэ согласно требованиям нормативно-технической документации [1].

Материалы и методы. Исследования проб подземных вод по санитарно-химическим показателям проведены методом капиллярного электрофореза на аппарате «Капель-105М» в Центре коллективного пользования «Прогресс» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления.

Отбор проб проводили согласно требованиям ГОСТ 31861-2012 «Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб (Water. General requirements for sampling)» и СанПиН 2.1.4.1175-02 «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».

При химическом анализе подземных вод выявлено содержание бромид-, иодид-, хлорит-, хлорат-, перхлорат-, хлорид-, сульфат-, нитрат-, нитрит-, фторид-, фосфат-ионов, ионов аммония и ионов калия, натрия, лития, магния, кальция, стронция и бария.

¹ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2020 году»; СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».

² ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Полученные результаты качества подземных вод сравнивали с требованиями по соблюдению гигиенических нормативов в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Результаты и обсуждение. Согласно проведенным исследованиям, превышение ПДК в подземных водах выявлено по шести показателям: ионам бария, лития, фторид-ионам, нитрат- и нитрит-ионам, ионам аммония. Превышение ПДК было обнаружено в 30 пробах, в некоторых пробах превышение ПДК отмечено по двум показателям одновременно.

При анализе результатов концентрации ионов бария было обнаружено, что в 9,83% всех проб наблюдается превышение ПДК в среднем в 25,7 раза. Превышение предельно допустимой концентрации ионов лития выявлено в одной пробе воды и составило 152,6 раза. По концентрации фторид-ионов следует отметить, что в 3,28% всех проб наблюдается превышение ПДК в среднем в 3,06 раза.

Анализируя результаты концентрации нитрат-ионов, можно сделать вывод о том, что в 8,2% всех проб наблюдается превышение ПДК в 1,14 раза. Показатели нитратной группы являются хорошим индикатором органического антропогенного загрязнения подземных вод.

По нитрит-ионам отмечено превышение ПДК в 3,3 раза в 4,9% всех проб. Содержание нитритов также является важным санитарным показателем. Согласно результатам исследований ионов аммония, в 29,51% всех проб наблюдается превышение ПДК в 2,074 раза. Перенасыщение ионами аммония отражает ухудшение санитарной ситуации. Это эффективный индикатор загрязнения подземных вод.

В ходе исследований получены данные о глубине скважин подземных вод, используемых для питьевых целей. Из 30 точек отбора проб воды, где наблюдается превышение ПДК, в 19 точках глубина скважины составляет 5–9 метров, в 3 точках составляет 10–13 м. Следует отметить, что население, проживающее в условиях ИЖС, бурит скважины до первого уровня подземных вод без исследования их качества, и используют эти воды в питьевых целях. Кроме того, для скважин подземных вод должна быть организована зона санитарной охраны, основное назначение которой является предотвращение их загрязнения. В условиях индивидуальной жилой застройки полностью отсутствует контроль за организацией скважин и выгребных ям, собственники земельных участков являются активными пользователями водных ресурсов, нередко причиняя экологический ущерб.

В ходе исследований также был проведен анализ устройства выгребных ям [1]. У 47,5% выгребных ям отсутствует бетонированное дно, то есть сточные воды дренируют через грунт, происходит их смешивание с подземными питьевыми водами, в результате этого возникает высокий риск здоровью населения разных возрастных категорий. При этом на соседних участках или даже на одном участке из-за ограниченности площади в непосредственной близости соседствуют скважина и выгребная яма. Среднее расстояние от выгребной ямы до скважины подземных вод составляет 16,7 м, минимальное — 3 м.

Также осуществлена оценка неканцерогенного риска для здоровья населения в результате потребления подземных вод в качестве питьевых. Результаты расче-

тов представлены в таблице 1. Оценка проводилась согласно методике, изложенной в Методических рекомендациях МР 2.1.4.0032-11¹.

Таблица 1

Значения неканцерогенного риска здоровья

| Пробы | ПДК | Сi в пробе, мг/л | Превышение ПДК, раз | Значения риска |
|---|-----------------------|------------------|---------------------|----------------|
| При воздействии фторид-ионов | | | | |
| пос. Тулунжа, Юбилейная, 38 | не более | 2,47 | 1,6 | 0,028302 |
| пос. Тулунжа, Песочная, 6 | 1,5 мг/л | 6,71 | 4,47 | 0,07503 |
| Оценка риска здоровья при воздействии фосфат-ионов | | | | |
| пос. Тулунжа, Песочная, 6 | не более 3,5 мг/л | 4,37 | 1,25 | 0,021534 |
| При воздействии ионов-бария | | | | |
| пос. Тулунжа, Луговая, 23 | не более | 2,65 | 26,5 | 0,370001 |
| пос. Бурвод, Степная Протока, 46 | 0,1 мг/л | 3,98 | 39,8 | 0,500389 |
| пос. Тулунжа, Можайская, 28 | | 2,58 | 25,8 | 0,362265 |
| пос. Поселье, Флотская, 26 | | 0,479 | 4,8 | 0,080123 |
| пос. Поселье, Флотская, 192 | | 0,663 | 6,6 | 0,109165 |
| пос. Тулунжа, Крылатая, 16 | | 5,07 | 50,7 | 0,586861 |
| При воздействии ионов-лития | | | | |
| пос. Поселье, Флотская, 5 | не более 0,03 мг/л | 4,58 | 152,6 | 0,930177 |
| При воздействии нитрат-ионов | | | | |
| пос. Исток, Жемчужная, 3 | не более | 47,1 | 1,05 | 0,018083 |
| пос. Тулунжа, Юбилейная, 38 | 45 мг/л | 51,6 | 1,14 | 0,019794 |
| пос. Исток, Ковыльная, 13 | | 55,2 | 1,22 | 0,02116 |
| пос. Бурвод, Баргузинская, 33 | | 54,2 | 1,2 | 0,020781 |
| пос. Солдатский, Панфилова, 3 | | 48,2 | 1,07 | 0,018502 |
| Оценка риска здоровья при воздействии нитрит-ионов | | | | |
| пос. Исток, Светлогорская, 10 | не более | 13,1 | 4 | 0,066872 |
| пос. Исток, Жемчужная, 14 | 3,3 мг/л | 8,55 | 2,6 | 0,044168 |
| пос. Бурвод, Блюхера, 19 | | 11,3 | 3,4 | 0,057956 |
| Оценка риска здоровья при воздействии NH ₄ | | | | |
| пос. Бурвод, Степная Протока, 31 | не более 0,5 мг/л | 0,821 | 1,6 | 0,028223 |
| пос. Бурвод, пер. Баргузинский, 63 | | 1,57 | 3,14 | 0,053275 |
| пос. Бурвод, Баргузинская, 33 | | 1,68 | 3,36 | 0,0569 |
| пос. Заречный, Республиканская, 7 | | 0,981 | 2 | 0,03363 |

¹ СП 32.13330.2012 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения», связанные с устройством автономных систем канализации малой и сверхмалой производительности.

Н. В. Шантагарова, С. Е. Санжиева, В. Д. Хандуева. Исследование подземных вод в условиях индивидуального жилищного строительства г. Улан-Удэ

| | | | |
|-------------------------------------|-------|------|----------|
| пос. Заречный, Республиканская, 9 | 1,03 | 2,06 | 0,035279 |
| пос. 5-й км, Степная Протока, 46 | 1,33 | 2,6 | 0,045319 |
| пос. Тулунжа, Можайская, 12 | 0,820 | 1,6 | 0,028189 |
| пос. Поселье, Строительная, 24 | 0,741 | 1,5 | 0,025508 |
| пос. Поселье, пер. Строительный, 15 | 1,41 | 2,8 | 0,047978 |
| пос. Поселье, Уланская, 10 | 0,544 | 1,08 | 0,018791 |
| пос. Поселье, Флотская, 57 | 0,983 | 2 | 0,033697 |
| пос. Поселье, Флотская, 45 | 0,547 | 1,09 | 0,018893 |
| пос. Поселье, Флотская, 5 | 1,54 | 3,08 | 0,052284 |
| пос. Поселье, Радужная, 26 | 1,08 | 2,16 | 0,03696 |
| пос. Бурвод, Привольная, 5 | 0,805 | 1,61 | 0,027681 |
| пос. Поселье, Изумрудная, 31 | 0,726 | 1,45 | 0,024998 |
| пос. 5-й км, Степная Протока, 2 | 1,19 | 2,4 | 0,040647 |
| пос. Заречный, Районная, 2 | 0,868 | 1,7 | 0,029814 |

Выбор приемлемой величины неканцерогенного риска обосновывается критериями беспороговых моделей, поскольку они позволяют в данном случае подвести единую основу такой оценки. По различным оценкам, приемлемая величина риска составляет 0,02–0,05¹. Нами была использована величина 0,05, так как при расчетах не были учтены другие факторы.

Как видно из данных таблицы 1, неканцерогенный риск, рассчитанный беспороговым методом, превышает приемлемые значения по фторид-ионам, ионам бария, ионам лития, нитрит-ионам, ионам аммония. Значения неканцерогенного риска по фосфат- и нитрат-ионам не превышают приемлемые, несмотря на превышение ПДК по данным показателям.

Полученные величины риска показывают вероятность развития патологий при заданных уровнях дозовых нагрузок (индивидуальный риск).

Избыток фтора приводит к росту числа зубных заболеваний, в частности к флюорозу (заболевание, характеризующееся появлением темных пятен на зубах), от которого чаще всего страдают дети. Также высокий уровень потребления фтора приводит к деформации костей скелета и изменению процессов обмена веществ. Содержание фтора в питьевой воде должно быть в пределах 0,7–1,5 мг/л. Повышенное содержание фтора связано с природными особенностями рассматриваемой территории как части фтороносной провинции.

Барий способен привести к мышечной слабости и болям в брюшной области, увеличению артериального давления и изменениям в сердечно-сосудистой системе.

Превышение концентрации лития обуславливает существенный риск развития болезней кожи — дерматит (аллергический, контактный дерматит, atopиче-

¹ СП 32.13330.2012 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения», связанные с устройством автономных систем канализации малой и сверхмалой производительности.

ский дерматит), витилиго (разрушение кожного пигмента меланина), угревая болезнь (угри, акне) и выпадение волос (алопеция).

Источники загрязнения подземных вод ионами бария и лития нами не установлены.

Превышение концентрации нитритов становится причиной отравления, нитратной метгемоглобинемии, нарушения работы желудочно-кишечного тракта, выделительной и эндокринной системы, разрушения зубной эмали и появления кариеса. Содержание нитритов является важным санитарным показателем, т. к. нитриты по своему воздействию на организм значительно опаснее нитратов.

Ионы аммония являются эффективным индикатором загрязнения подземных вод. Постоянный прием внутрь воды с повышенным содержанием аммония вызывает хронический ацидоз и изменения в тканях.

В природных и сточных водах азот выступает в четырех основных формах: в виде ионов аммония NH_4^+ , нитрит-ионов NO_2^- , нитрат-ионов NO_3^- и в составе органических соединений. При этом повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает на свежее загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов — на загрязнение в предшествующее время. Превышение ПДК по ионам аммония, нитрит- и нитрат-ионов может свидетельствовать о попадании органических удобрений или фекальных стоков в подземные воды в условиях ИЖС в связи с несоблюдением санитарных норм организации скважин водозабора и выгребных ям.

Отсутствие городского планирования в части индивидуальной жилой застройки и его реализации, особенно с точки зрения новых площадей, отводимых под частные застройки, подвергает подземные водные ресурсы еще большей опасности. Слабый дренаж и неконтролируемый сброс бытовых сточных вод вместе с незапланированными разработками подземных вод частными лицами — жителями неблагоустроенного фонда, значительно усугубили проблему загрязнения подземных вод, используемых ими в качестве питьевых. Эти и многие другие вопросы создали огромную проблему для эффективного управления ресурсами подземных вод в г. Улан-Удэ.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о достаточно высокой степени загрязнения подземных вод в результате их неконтролируемой эксплуатации в условиях ИЖС г. Улан-Удэ. Качество подземных вод не удовлетворяет гигиеническим нормам, предъявляемым к водам при использовании их в качестве питьевых. Загрязнение подземных вод в частном секторе левобережья г. Улан-Удэ превращает автономные скважины в потенциальные источники опасности.

С учетом вышеизложенного возникает необходимость в новой политике рационального использования подземных вод: разработать мероприятия по стратегии управления подземными водами, включающие создание и эксплуатацию сети гидрометрического мониторинга; проведение комплексной программы гидрогеологических исследований с целью определения пополнения подземных вод, их стока и потенциала водоносного горизонта; оценку качества подземных вод; обнаружение потенциальных источников загрязнения подземных вод и определение и картирование восприимчивости подземных вод к загрязнению; разработку и распространение тематических карт, показывающих гидрогеологию, химию подземных вод и уязвимость; разработку руководства по эффективному исполь-

Н. В. Шантагарова, С. Е. Санжиева, В. Д. Хандуева. Исследование подземных вод в условиях индивидуального жилищного строительства г. Улан-Удэ

зованию, охране и управлению подземными водами, используемыми физическими лицами; усиление надзорной функции за добычей подземных вод.

Литература

1. Оценка качества подземных вод в условиях ИЖС г. Улан-Удэ / С. Е. Санжиева, Н. В. Шантагарова, В. Д. Хандуева, Н. И. Альберг // Эволюция и современное состояние ландшафтов и биоты Внутренней Азии: сборник статей. Улан-Удэ, 2016. С. 210–201. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 19.01.2022; одобрена после рецензирования 04.03.2022; принята к публикации 25.03.2022.

STUDY OF GROUNDWATER IN THE CONDITIONS OF INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION IN ULAN-UDE

Natalya V. Shantagarova
Lecturer
n19n05v81@mail.ru

Svetlana E. Sanzhieva
Dr. Sci. (Biol.), A/Prof.
svegorsanzhieva@gmail.com

Vera D. Khandueva
Cand. Sci. (Geogr.), A/Prof.
verahandueva@mail.ru

East-Siberian State University of Technology and Management
40v Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013, Russia

Abstract. Under the conditions of increasing deterioration in the quality of surface water used for drinking water supply, the strategic task is the transition to groundwater as a source of providing the population with drinking water of stable quality. The transition to the consumption of groundwater as drinking water must comply with all the requirements of regulatory and technical documentation, including sanitary and chemical indicators. The article presents the results of monitoring the ecological state of groundwater in Ulan-Ude in the conditions of sporadic individual housing construction, non-approved use of groundwater as drinking water, as well as uncontrolled discharge of wastewater into drained soils.

Keywords: groundwater, groundwater resources, groundwater monitoring, non-centralized water supply, sanitary and chemical indicators of the quality of underground drinking waters, septic tank.

For citation

Shantagarova N. V., Sanzhieva S. E., Khandueva V. D. Study of Groundwater in the Conditions of Individual Housing Construction in Ulan-Ude. *Bulletin of Buryat State University. Biology, Geography.* 2022; 1: 58–65 (In Russ.).

The article was submitted 19.01.2022; approved after reviewing 04.03.2022; accepted for publication 25.03.2022.