Изменение гидрогеохимического состава подземных вод в условиях техногенеза в Забайкальском крае

Верхотуров А.Г.

Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия, E-mail weral0606@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены особенности изменения гидрогеохимического состава подземных вод в условиях техногенеза в Забайкальском крае. С этим процессом связаны многочисленные экологические проблемы, возникающие при водоснабжении населенных пунктов. Установлено, что поликомпонентный состав руд и горных пород, развитие горной промышленности способствует интенсивному изменению гидрогеохимического состава подземных вод на участках добычи полезных ископаемых, хвостохранилищ и отвалов вскрышных пород. Значительные изменения состава подземных вод происходят на территориях городских агломераций и энергетических объектов.

Changes in the hydrochemical composition of underground water in the conditions of technogenesis in Transbaikalia Region

Verkhoturov A.G.

Transbaikal State University, Chita, Russia, e-mail weral0606@yandex.ru

ABSTRACT: The article considers the peculiarities of changing the hydrogeochemical composition of underground water in the conditions of technogenesis in the Transbaikalia Region. This process is associated with numerous environmental problems that arise in the water supply of settlements. It is established that the multicomponent composition of ores and rocks, the development of the mining industry contributes to an intensive change in the hydrogeochemical composition of underground water in the areas of mining, tailings and overburden dumps. Significant changes in the composition of underground water occur in the territories of urban agglomerations and energy facilities.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время экологическое состояние подземных вод Забайкальского края является одной из важнейших проблем, так как питьевое водоснабжение (97-99 %) базируется на их основе [2].

Изменение гидрогеохимического состава подземных вод происходит с момента начала создания горнопромышленных комплексов в крае с 50-х годов XX-го и создания других крупных промышленных объектов. Отдельные эксплуатируемые месторождения подземных вод в условиях ненарушенного режима в межгорных артезианских бассейнах характеризуются повышенным содержанием ионов железа и марганца, предельно допустимые концентрации достигают 4,5-33 ПДК, фтора до 2 ПДК. В ряде случаев в подземных водах края отмечается повышенное фоновое содержание мышьяка и других тяжелых металлов.

В результате горнопромышленного освоения территории в отвалах, хвостохранилищах, накоплено большое количество веществ, загрязняющих окружающую среду, которые инфильтруются со сточными водами, атмосферными осадками и частью поверхностного стока, ухудшая качество подземных вод. Изменение мерзлотно-гидрогеологических условий в связи с деградацией многолетнемерзлых пород (ММП) также ведет к техногенному загрязнению подземных вод, в том числе, на территории

ях городских агломераций и промышленных зон. Нитратное загрязнение подземных вод в городских агломерациях связано с коммунальными источниками сточных вод, а в районах на селитебных территориях – с использованием удобрений и наличием неизолированных выгребов и септиков.

Особенности геологического строения региона, отсутствие контроля за складированием отходов и отвалов приводит к тому, что в отдельных водозаборных скважинах отмечается повышенное содержание мышьяка и других тяжелых металлов, где ранее оно не было обнаружено. Так в конце декабря 2018 г. надзорными органами Забайкальского края, из-за повышенного содержания мышьяка в питьевой воде скважины посёлке Приисковый, был введен режим ЧС, аналогичные меры были приняты в селе Чикичей Сретенского района из-за найденного 18 декабря 2020 г. мышьяка в водозаборной скважине.

В работе представлена оценка основных причин и направленность изменения гидрогеохимического состава подземных вод на рассматриваемой территории.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований являлись подземные воды в районах интенсивного техногенного освоения.

Задачи исследований заключались: в изучении влияния техногенеза на подземные воды, качественной и количественной оценке их загрязнения в природных условиях и при хозяйственном освоении, выявлении связанных с этим рисков для экологии региона.

Методика работ включала: полевые наблюдения, лабораторные и аналитические исследования состава поверхностных и подземных вод; оценку рисков их загрязнения при техногенном воздействии на подземную гидросферу.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Специальные гидрогеологические работы по изучению изменения гидрогеохимического состава подземных вод в условиях техногенеза в Забайкальском крае проводились в ограниченном объеме, в основном, специалистами ГУП «Забайкалгеомониторинг» и ИПРЭК СО РАН, поэтому в этом отношении территория является слабо изученной.

Природные некондиционные воды на территории края встречаются довольно часто и связаны с геохимическими особенностями водовмещающих пород, которые накладывают отпечаток на микрокомпонентный состав подземных вод, обогащая последние рядом элементов (уран и его дочерние продукты распада, фтор, железо, марганец, мышьяк и др.) [2].

Для большей части территории подземные воды Забайкальского края, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, по большинству показателей удовлетворяют требованиям нормативных документов.

Как отмечено выше, часто отклонения от ПДК связаны с концентрациями железа, марганца, фтора, а также жесткости и минерализации, при общем количестве нормируемых показателей 27. Из 3 тыс. обследованных скважин, по данным ГУП «Забайкалгеомониторинг», в 10 % из них наблюдаются отклонения по названным компонентам. По железу превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) достигает 3-10 раз, а в отдельных случаях в 100 раз при норме 0,3 мг/дм³. Для марганца концентрации составляют 2-4 ПДК, при максимальных значениях в 10 ПДК (норма 0,1 мг/дм³).

Норма содержания фтора 0,7-1,5 мг/дм³, причем нежелательно не только превышение нормы, но и низкие концентрации. На большей части Забайкальского края содержание фтора в подземных водах, используемых для питьевых целей, как правило, ниже ПДК, поэтому рекомендовано их фторирование, но на практике это почти нигде не реализовано [2]. Содержания фтора до 5-6 ПДК известны в Газимуро-Заводском районе, в районах распространения

флюоритовых месторождений, а также на участках проявления тектонической деятельности в виде локальных аномалий. Объектами, где зафиксированы повышенные концентрации фтора являются Бугутурский водозабор (п. Забайкальск) – 2 мг/дм³ при норме 1,5 мг/дм³. Здесь же отмечается и повышенная жесткость 8 мг-экв/дм³.

Повышенные минерализации (более 1 г/дм³) и жесткость (более 7 мг-экв/дм³) отмечаются в водоносных горизонтах с затрудненными условиями водообмена, а также на площадях развития карбонатных пород.

Изменение климатических условий в последние десятилетия существенно сказывается на гидрогеохимическом составе грунтовых вод и вод верхних водоносных горизонтов. Аридизация климата в южном Забайкалье и связанная с ней затрудненность водообмена между поверхностными и подземными водами приводит к формированию трещинных вод с повышенной минерализацией в районе станции Даурия. Здесь из-за отсутствия других источников используются воды с минерализацией 1,82-1,96 г/дм³, к тому же с превышением ПДК по сульфатам 712-759 мг/дм³ при норме 500 мг/дм³, жесткости 13,1-15,0 мг-экв/дм³ при норме 7 мг-экв/дм³.

Деградация ММП в центральной и южной части Забайкальского края, в ряде случаев, привела к ликвидации абсолютных криогенных водоупоров, опусканию уровней грунтовых вод их техногенному загрязнению, а на участках гидрогеологических «окон» к загрязнению низлежащих водоносных горизонтов.

Участки месторождений подземных вод, расположенные вблизи горнодобывающих предприятий подвергаются техногенному загрязнению в первую очередь. Наиболее изученными в этом отношении являются подземные воды в районах: Уртуйского, Тарбагатайского, Урейского, Черновского, Харанорского, Татауровского и других бурогольных месторождений; Стрельцовского месторождения урана; Тасеевского, Бaleyского, Дарасунского, Дельмачинского, Первомайского, Акатуйского, Благодатского и других золоторудных и полиметаллических месторождений.

На обрабатываемых открытым способом бурогольных месторождениях подземные воды имеют преимущественно гидрокарбонатный кальциево-натриевый и сульфатно-гидрокарбонатный натриево-магниевый-кальциевый составы. Для дренажных вод характерно наличие в их составе: взвешенных веществ, сульфатов 54,3-291 мг/дм³, железа 0,3-5,6 мг/дм³, при общей жесткости 3,3-8,2 мг-экв/дм³ и минера-

лизации 0,28-0,74 г/дм³. Очистка дренажных вод производится отстаиванием в прудах-отстойниках, роль которого выполняют затопленные карьерные выемки, где удаляются только взвешенные вещества. Далее воды из отстойников сбрасываются в гидросеть и через аллювиальные отложения фильтруются в нижележащие водоносные горизонты. Объем поступления загрязняющих макрокомпонентов в подземные воды определяется объемом сброса условно очищенных сточных вод, величина которого, например, для Татауровского месторождения на конец отработки составит 3,9 м³/с. Более сложное воздействие на подземные воды оказывает разработка рудных месторождений как открытым, так и подземным способами. Так в период разведки и разработки месторождений Стрельцовского рудного поля пройдено более 5000 км скважин, 346 км подземных горных выработок, 20 шахт глубиной 400-700 м [1]. Объем карьерного и шахтного водоотлива на предприятии ПАО «ППГХО» в 2011 г. составлял 3,02 м³/с из которых для технического водоснабжения использовались только 0,4 м³/с. Сброс сточных и шахтных вод привел к тому, что был нарушен естественный режим озер Умыкейской системы.

В ненарушенных условиях (до начала разработки месторождения) подземные воды четвертичных отложений были пресными. Сухой остаток составлял от 0,1 до 1,0 г/л. По химическому составу воды являлись гидрокарбонатными со смешанным катионным составом (при примерно одинаковом содержании магния, натрия и кальция); мягкими и умеренно жесткими; нейтральными или слабощелочными с рН от 6 до 8,2. Утечки из хвостохранилищ в результате эксплуатации предприятий привели к повышению уровней подземных вод четвертичного комплекса, что вызвало подтопление и заболачивание, включая территорию г. Краснокаменск. Изменился и химический состав: увеличилась минерализация подземных вод (до 1-6 г/л), концентрация сульфат-иона, общая жесткость, содержание нитратов и др. На отдельных участках отмечается рост содержания подземных водах естественных радионуклидов по сравнению с фоновым.

На золоторудных месторождениях рудничные воды имеют преимущественно сульфатный магниевый-кальциевый состав [1,3]. Содержание сульфатов в сточных вод, например в Тасеевском карьере, достигает 2494 мг/дм³; рН составляет 2,87 мг/дм³, минерализация – 3,5 мг/дм³. Фильтрация вод в днище карьера приводит к загрязнению подземных вод в водозборах, расположенных ниже по течению р. Унда.

На полиметаллических месторождениях поликомпонентный состав руд приводит к тому, что не извлеченные в процессе обогащения элементы (As, Cd, Pb, Zn, Sb и др.) скапливаются в отвалах и хвостах. При их промерзании происходит консервация опасных токсикантов, а при деградации ММП, вызванной современными изменениями климата, происходит изменение физико-химической обстановки. Токсические компоненты высвобождаясь загрязняют почвы, подземные и поверхностные воды, как это отмечено по долинам рек Акатуй и Малый Зерентуй.

Городскими агломерациями края, где существуют проблемы с изменением гидрогеохимического состава подземных вод являются: Петровск-Забайкальская, Читинская, Балейская, Нерчинская, Краснокаменская.

Энергетическими объектами, влияющими на подземные воды являются Читинские ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и Краснокаменская ТЭЦ

В пределах крупных агломераций, например, в г. Чите – главном потребителе подземных вод Забайкальского края [2], наблюдается достаточно сложная гидрогеохимическая обстановка. На качественный состав вод эксплуатируемого водоносного комплекса нижнемеловых отложений оказывают влияние изменение условий формирования подземных вод, как в результате техногенеза, так и за счёт деградации многолетнемерзлых пород. Эксплуатируемый водоносный комплекс в пределах речных долин рек Ингоды и Читы недостаточно защищен с поверхности.

Первые признаки загрязнения подземных вод в окрестностях г. Читы вблизи небольших населенных пунктов (пос. Забайкалец и др.) и дачных кооперативов появились в 1987-88 гг., когда в грунтовых водах обнаружился азотсодержащие компоненты в количестве – 9-19 мг/дм³, а также сульфаты – 30-36 мг/дм³, при фоновых значениях последних 14-16 мг/дм³. Рост содержания нитратов составил 1,33-2,2 ПДК. Вместе с этим, почти удвоились содержания хлоридов и жесткости. Кроме нитратов наблюдался устойчивый рост рН с 6 до 8,1 в 2008 г., т.е. слабокислая среда сменилась на слабощелочную. Рост водородного показателя сопровождался снижением суммы солей в воде. С 2008 г. при сухом остатке 153 мг/дм³ значение рН опять начало снижаться и в 2015 г. составило 7,76, минерализация, наоборот, возросла до 260 мг/дм³ [2].

Для водоносного комплекса нижнемеловых отложений на фоне снижения уровня с 1998 г. гидрохимический режим характеризуется уве-

личением концентраций основных солеобразующих компонентов и ростом минерализации. На Сибирском участке Читинского МПВ (междуречье р. Ингоды и оз. Кенон), где происходит разгрузка глубоких горизонтов водоносного комплекса нижнемеловых отложений, наблюдается устойчивый рост содержания гидрокарбонат-иона, кальций- и магний-ионов (общей жесткости) и, как следствие, рост сухого остатка. В многолетнем плане в условиях слабонарушенного режима имеет место увеличение суммы солей сухого остатка с 191 мг/дм³ в 1982 г. до 381 мг/дм³ в 2016 г., что связано с изменением химического состава озерной воды под влиянием водоотбора Читинской ТЭЦ-1, для которой озеро Кенон служит прудом-охладителем [2].

Западнее, в районе отработанного подземным способом Черновского бурогоугольного месторождения, где после прекращения добычи угля в 1985 г., уровни подземных вод практически полностью восстановились. В естественном состоянии водоносные слои и горизонты нижнемелового комплекса, а также аллювиального верхнечетвертичного-голоценового водоносного горизонта имели затрудненную гидравлическую связь между собой или из-за наличия островов ММП и прослоев водупорных пород. Наличие напорных подмерзлотных и артезианских вод, после восстановления уровней, привело к подтоплению заброшенных карьеров и формированию озер, геохимический состав вод в которых определяется составом подземных вод, поступающих на поверхность. Воды в озерах сульфатно-гидрокарбонатные-магниево-кальциевые (оз. Швейка) с минерализацией 0,74 г/л, общей жесткостью 8,2 мг-экв/л. Содержание железа 3,67 мг/л, сульфатов – 191 мг/л.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение гидрогеохимического состава подземных вод в Забайкальском крае представляет реальные риски для экологии региона. Ранее

наличие многолетнемерзлых пород ограничивало поступление загрязняющих веществ в водоносные горизонты, расположенные ниже сезонно-талого слоя. В настоящее время в связи с деградацией ММП на значительных площадях загрязненные грунтовые воды легко достигают водоносных горизонтов, являющихся источниками водоснабжения.

Загрязнение поверхностных и подземных вод рудничными водами после завершения отработки месторождений одна из основных геоэкологических проблем горнопромышленных районов Забайкалья. Дренажные воды имеют концентрации на порядок, а иногда на два выше, чем фоновая концентрация в природных водах. Это обусловлено низкими значениями рН 2,5-3, сульфидным составом руд.

Для снижения негативного воздействия отработанных месторождений на подземные воды необходимы: 1) оценка интенсивности и масштабов негативного воздействия горнопромышленных объектов; 2) изучения активности взаимодействия в системе вода-порода. В пределах городских агломераций и объектов энергетики необходимо обеспечивать безусловную безопасность подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхотуров А. Г. Воздействие техногенеза на подземные воды Забайкальского края / материалы Десятой Всероссийской научно-практической конференции. – Старый Оскол, 2013. – С. 185–191.
2. Верхотуров А.Г. Цыганок В.И., Карпов В.В. [и др.] Гидрогеология Забайкальского края. – Чита: ЗабГУ, 2017. – 240 с.
3. Замана Л.В. Геохимия кислых дренажных вод золоторудных месторождений Восточного Забайкалья / Вода: химия и экология. - 2013 г. - № 8. - С. 92–97.
4. Кулаков В.В. Геохимия подземных вод Приамурья / В.В. Кулаков. – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2011. – 254 с.