

УДК 556.314

В.В. КУЛАКОВ

Подземные воды бассейна Нижнего Амура и побережья Татарского пролива

Рассмотрены особенности формирования ресурсов и качественного состава питьевых подземных вод в артезианских бассейнах, гидрогеологических массивах на территории Нижнего Амура, а также в вулканогенных бассейнах Восточного Сихотэ-Алиня на побережье Татарского пролива, сложенных эффузивными и вулканогенно-осадочными породами. Разгрузка пресных подземных вод осуществляется в море в прибрежно-морской зоне, а при интенсивном отборе пресных подземных вод на водозаборах в населенных пунктах фиксируются интрузии соленых вод к водозаборам. На основе анализа гидрогеологических закономерностей отражены процессы формирования качественного состава подземных вод в разных типах гидрогеологических структур региона.

Ключевые слова: пресные подземные воды, артезианские бассейны, вулканогенные бассейны, гидрогеологические массивы, бассейн Амура.

Groundwater of the Lower Amur River basin and the coast of the Tatar Strait. V.V. KULAKOV (Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk).

Features of formation of resources and qualitative composition of drinking groundwater formed in artesian basins, hydrogeological massifs on the territory of the Lower Amur; as well as in volcanogenic basins of East Sikhote-Alin on the coast of the Tatar Strait, composed by effusive and volcanogenic-sedimentary rocks are considered. Discharge of fresh groundwater is carried out at sea in the coastal and marine zone and with the intensive selection of fresh groundwater at water intakes in settlements salt water intrusions to water intakes are recorded. On the basis of the analysis of hydrogeological regularities the processes of formation of the groundwater qualitative composition in different types of hydrogeological structures of the region are reflected.

Key words: fresh groundwater, artesian basins, volcanogenic basins, hydrogeological massifs, Amur River basin.

Пресные подземные воды широко используются для питьевых, хозяйственно-бытовых и различных производственных нужд [5, 9].

Более чем полувековыми исследованиями в районе Нижнего Амура, осуществленными при выполнении средне- и крупномасштабных гидрогеологических съемок, при поисках и разведке пресных подземных вод для водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, при изучении этих вод в процессе разведки и разработки многочисленных месторождений твердых полезных ископаемых, к настоящему времени обоснованы фундаментальные представления о строении подземной гидросферы бассейна Нижнего Амура и побережья Татарского пролива и свойствах их подземных вод.

Цель и актуальность представляемой работы – отразить современное представление о гидрогеологических структурах этой территории, вмещающих пресные подземные воды, акцентировать внимание на их использовании в зоне потенциального опасного влияния интрузий соленых морских вод вблизи морского побережья.

Краткая характеристика района исследований

Климат района континентальный, с длительным периодом отрицательных температур воздуха зимой и влиянием муссонных осадков со стороны Тихого океана в летнее время [3, 4].

Длительный этап инфильтрационного развития территории в мезозое и кайнозое создал благоприятную обстановку для формирования зоны пресных подземных вод на значительную глубину в разрезах гидрогеологических структур региона до 1 км и более. Поэтому мощность зоны пресных вод в разрезе весьма существенна и составляет сотни метров – первые километры, что, как правило, превышает современную глубину изучения и практического использования подземных вод.

Существенное влияние на формирование химического состава подземных вод оказывают минералогический и литологический состав горных пород, густота гидрографической сети, глубина эрозионного вреза, режим и химический состав поверхностных вод, характер их взаимоотношений с подземными водами [8, 14]. На горной части территории и на равнинах развита густая речная сеть, которая способствует интенсивному водообмену в водоносных горизонтах, выносу солей из них, что обуславливает формирование пресных подземных вод.

Региональные гидрогеологические структуры

Значительную часть территории Нижнего Амура занимают горные массивы, сложенные протерозойскими метаморфическими комплексами и сложно дислоцированными терригенными и терригенно-вулканогенными кембрийскими, силурийскими, девонскими, каменноугольными, пермскими, триасовыми, юрскими и нижнемеловыми породами, прорванными различного состава и возраста интрузиями.

Основным типом гидрогеологических структур в пределах региона являются гидрогеологические массивы (см. рисунок). Существенно меньше распространены артезианские и вулканогенные бассейны, бассейны трещинно-карстовых вод [2, 4].

Описываемая территория расположена в пределах Сихотэ-Алинской сложной гидрогеологической складчатой области (СГСО) первого порядка, в геолого-структурном отношении приуроченной к Тихоокеанскому вулканогенному поясу.

С севера и востока область ограничена шельфом Охотского моря и впадиной Японского моря, западной границей является трансрегиональный надвиг, отделяющий ее от Монголо-Охотского складчатого пояса.

Сихотэ-Алинская СГСО связана с серией субмеридиональных структур, выполненных терригенно-вулканогенными мезозойскими и кайнозойскими породами, реже палеозойскими терригенно-карбонатными формациями и интрузиями разного возраста. Территория области сильно нарушена многочисленными тектоническими разломами.

Большая часть Сихотэ-Алинской СГСО представлена гидрогеологическими массивами, причем степень пустотности (пористости) пород зависит от их возраста: она наибольшая в кайнозойских отложениях, наименьшая в образованиях палеозоя. Вдоль тектонических нарушений наблюдаются многочисленные наложенные межгорные артезианские бассейны подземных вод, выполненные мезозойскими лавами и пирокластическими формациями, а также кайнозойскими рыхлообломочными и глинистыми породами.

В пределах области выделяются три гидрогеологические структуры второго порядка: Баджало-Горинская и Центрально-Сихотэ-Алинская гидрогеологические складчатые области и Среднеамурский межгорный артезианский бассейн.

Баджало-Горинская гидрогеологическая складчатая область второго порядка приурочена к антиклинорному поднятию, морфологически выраженному среднегорными поднятиями Буреинского хребта. Северная граница совпадает с границей СГСО. С запада и востока ограничена двумя субмеридиональными трансрегиональными надвигами,

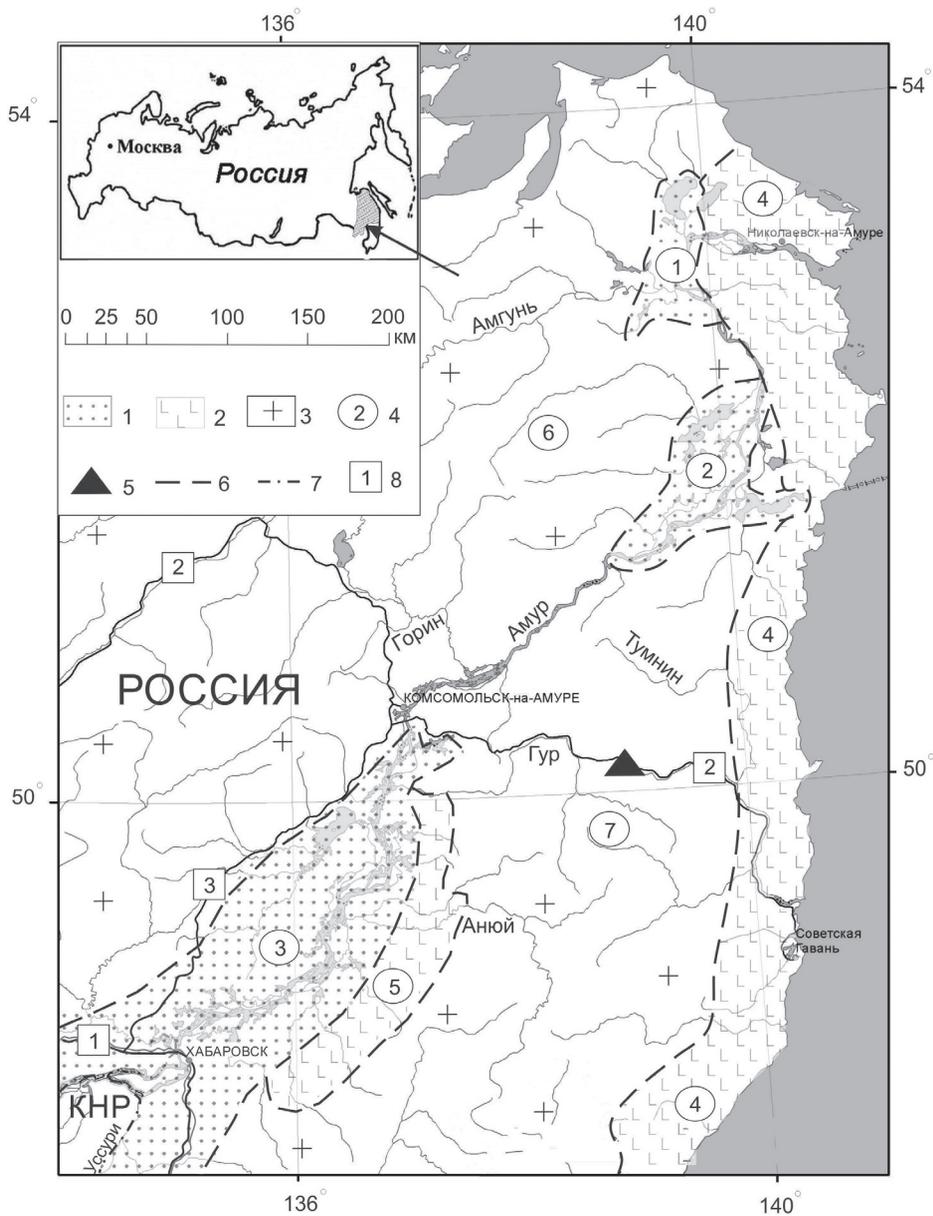


Схема размещения основных гидрогеологических структур.

1 – артезианские бассейны (1 – Амуро-Амгуньский, 2 – Удиль-Кизинский, 3 – Среднеамурский), 2 – вулканогенные бассейны (4 – Восточно-Сихотэ-Алинский, 5 – Западно-Сихотэ-Алинский), 3 – гидрогеологические складчатые области (6 – Баджало-Горинская, 7 – Центрально-Сихотэ-Алинская), 4 – номер гидрогеологической структуры на схеме, 5 – Кузнецовский тоннель, 6 – граница гидрогеологической структуры, 7 – государственная граница, 8 – железнодорожные трассы (1 – Транссибирская, 2 – Байкало-Амурская, 3 – Волочаевка–Комсомольск-на-Амуре)

отделяющими ее от Монголо-Охотского складчатого пояса и Сихотэ-Алинского синклинория. На юге граничит с КНР.

В тектоническом отношении в пределах области выделяется ряд антиклинальных и синклиналиных структур, сложенных в основном терригенно-карбонатными палеозойскими породами, гранитоидами, мезозойскими терригенно-вулканогенными формациями.

В гидрогеологическом отношении область подразделяется на гидрогеологические массивы и межгорные артезианские бассейны. В массивах основную роль играют водоносные зоны трещиноватости активизированных в кайнозое разломов. В межгорных артезианских бассейнах развиты в основном водоносные горизонты, сложенные рыхлообломочными кайнозойскими отложениями. В гидрогеологических массивах определенное воздействие на подземные воды оказывает многолетняя мерзлота, но она островная, главным образом приурочена к вершинным частям горных хребтов.

Баджало-Горинская гидрогеологическая складчатая область включает следующие гидрогеологические структуры третьего порядка: Баджальский гидрогеологический массив; Сыран-Усолгинский, Эвон-Тугурский, Верхнеамгуньский и Курский межгорные артезианские бассейны.

Центрально-Сихотэ-Алинская гидрогеологическая складчатая область второго порядка выделена в пределах тектонических структур сложного Сихотэ-Алинского антиклинория. Морфологически область совпадает с Сихотэ-Алинским хребтом, сложенным породами различного возраста от палеозоя до кайнозоя, различной степени литификации. Наибольшую степень литификации имеют породы палеозоя и нижней юры, в которых развиты скопления трещинных подземных вод. Менее литифицированы мезозойские породы, в которых наряду с трещиноватостью развита и поровая пустотность. Преобладающее распространение имеют вулканогенные формации мезозоя.

Наряду с гидрогеологическими массивами широко распространены наложенные гидрогеологические структуры типа вулканогенных бассейнов – Восточно-Сихотэ-Алинский вулканогенный бассейн [2, 6, 9]. Они приурочены к депрессиям, ограниченными тектоническими нарушениями. Бассейны слагаются преимущественно кайнозойскими базальтами и пирокластическими породами, где развиты пластовые скопления пресных подземных вод. Роль водоупоров играют менее трещиноватые породы и глинистые коры выветривания. Характерно различие в величинах питания подземных вод на наветренных (восточных) и подветренных (западных) склонах Сихотэ-Алинского хребта. На наветренных склонах оно значительно больше за счет более интенсивного привноса влаги с акватории Тихого океана.

Центрально-Сихотэ-Алинская гидрогеологическая складчатая область включает следующие гидрогеологические структуры третьего порядка: Сихотэ-Алинский гидрогеологический массив, Амуро-Амгуньский и Удиль-Кизинский межгорные артезианские бассейны. В горно-складчатом обрамлении артезианских бассейнов развиты терригенно-осадочные отложения, вулканогенные и интрузивные образования от архея до кайнозоя. Чехол артезианских бассейнов сложен мезозойскими и кайнозойскими слаболитифицированными и рыхлыми терригенными и угленосными отложениями озерно-аллювиального генезиса.

Среднеамурский межгорный артезианский бассейн второго порядка связан с одноименной тектонической впадиной, расположенной между южными частями Баджало-Горинской и Сихотэ-Алинской ГСО. Впадина ограничена разломами и имеет сложное горстово-грабенное строение. Фундамент впадины образуют сложнодислоцированные мезозойские и палеозойские породы. Впадина выполнена преимущественно рыхлыми континентальными и вулканогенными кайнозойскими отложениями, суммарная мощность которых превышает 1200 м.

Наиболее перспективным водоносным горизонтом в бассейне являются кайнозойские аллювиальные отложения.

Гидрогеологические условия Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного бассейна [2] определяются входением его в Тихоокеанский тектонический пояс. Это выражается в значительном распространении водоносных горизонтов и комплексов, сложенных молодыми эффузивными и эффузивно-осадочными породами, активном влиянии на гидрогеологическую обстановку неотектонических разломов. Интенсивное питание подземных вод осуществляется за счет привноса влаги тихоокеанскими муссонами.

Качественный состав пресных подземных вод

Рассматриваемый регион характеризуется главным образом распространением гидрокарбонатных подземных вод гумидной зоны с высокими концентрациями органических веществ [3, 7, 8, 12].

В пределах гидрогеологических массивов и вулканогенных бассейнов скважинами и подземными горными выработками на глубинах 800–1200 м вскрыты пресные воды, минерализация которых не превышает 1 г/дм³. В чехле артезианских бассейнов мощность зоны пресных подземных вод достигает 1–2 км [3, 4]. Подземные воды, имеющие минерализацию более 1 г/дм³, широко распространены вдоль побережья Тихого океана.

Несмотря на малую минерализацию в подземных водах обнаруживается около 80 химических элементов [7, 8]. Основным источником их поступления в подземные воды являются водовмещающие породы. Средние содержания большинства химических элементов в породах на несколько порядков превышают их концентрации в подземных водах. Повышенные по отношению к предельно допустимым концентрациям содержания некоторых элементов (железа, марганца) и пониженные (фтора) широко и вполне закономерно распространены в подземных водах территории.

Основной гидрохимический фон территории создают ультрапресные и пресные гидрокарбонатные воды зон свободного гравитационного стока, для которых характерен непродолжительный контакт атмосферных осадков с почвами, породами зоны аэрации и водовмещающими породами.

Преимущественное развитие имеют пресные подземные воды с фоновой минерализацией около 0,1 г/дм³, нейтральные, мягкие, умеренно мягкие. Преобладающий химический состав – гидрокарбонатный, различный по катионам, с преимуществом иона кальция. Воды характеризуются отсутствием карбонат-иона и очень небольшим содержанием (до 10 мг/дм³) либо полным отсутствием сульфат-иона.

Действующий норматив общей минерализации воды для питьевого водоснабжения, принятый в России, – до 1 г/дм³ – не имеет гидрогеохимического и медико-биологического обоснования [11]. Несмотря на действующие российские нормативы, к питьевым подземным водам, по мнению В.В. Куренного [11], следует относить воды, которые по своим качественным показателям выделяются среди пресных вод величиной общей минерализации в интервале 0,25–0,75 г/дм³, имеют преимущественно гидрокарбонатный и сульфатно-гидрокарбонатный состав.

Артезианские бассейны и долины крупных рек

Территория Нижнего Приамурья входит в провинцию железосодержащих и марганецсодержащих пресных подземных вод артезианских бассейнов [4, 7, 13]. Площади распространения подземных вод с повышенными концентрациями железа (до 30 мг/дм³) и марганца (до 2,5 мг/дм³) на территории приурочены к артезианским бассейнам и долинам рек, выполненным рыхлыми осадочными отложениями. Именно с водами этого качества, не удовлетворяющего нормативным показателям для питьевых вод и требующего проведения водоподготовки, связаны крупные месторождения подземных вод, используемые для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения.

Формируются эти некондиционные подземные воды в верхних частях геологических разрезов, сложенных четвертичными и неогеновыми аллювиальными отложениями. Благодаря периодическому избыточному увлажнению почв и наличию значительных по размерам заболоченных площадей во впадинах юга Дальнего Востока создаются условия, благоприятные для образования подвижных соединений железа, а сочетание переувлажнения с нисходящими потоками просачивающихся в почву атмосферных осадков определяет условия для миграции таких соединений как по профилю почв через зону аэрации, так и в более глубоко залегающие подземные воды.

В горном обрамлении артезианских бассейнов распространены безжелезистые, до 1 мг/дм^3 , подземные воды. Количество железа в водах увеличивается мере движения от границ артезианских бассейнов к их центральным частям, где его концентрация местами достигает $50\text{--}100 \text{ мг/дм}^3$. Одновременно устанавливается закономерный переход от гидрокарбонатных натриевых вод в краевых частях бассейнов через гидрокарбонатные магниевые-натриевые к гидрокарбонатным кальциево-железистым в центральных частях. Наблюдается и вертикальная зональность, заключающаяся в закономерном уменьшении концентраций железа с глубиной.

Наиболее крупным артезианским бассейном описываемой территории является Среднеамурский. Здесь установлена широтная зональность концентраций кремния [4, 7]: с юга на север его содержание уменьшается с $10\text{--}24$ до $5\text{--}15 \text{ мг/дм}^3$. В других межгорных артезианских бассейнах концентрации кремния в пресных подземных водах достигают $10\text{--}20 \text{ мг/дм}^3$, а в вулканогенных гидрогеологических бассейнах – $10\text{--}33 \text{ мг/дм}^3$.

Основной причиной резкого увеличения стока железа в Амуре и ряде рек его бассейна в 1990-е годы [13], по-видимому, являются изменения климатических условий, повлиявших на формирование химического состава подземных вод, – рост температур воздуха и атмосферного увлажнения, которые привели к деградации многолетней мерзлоты в районах близ южной границы ее распространения и, как следствие, к увеличению площади талых почвогрунтов, где были законсервированы подвижные в растворах формы железа. Кроме того, повышение температуры инфильтрующихся атмосферных осадков ускоряет физико-химические процессы растворения минералов и выноса растворимых форм железа из почв и горных пород.

Среди растворенных газов в артезианских водах преобладают газы воздушного происхождения [10]. В ряде депрессий обнаруживается метан, пространственно приуроченный к пластам бурых углей, широко развитым в разрезе чехла артезианских бассейнов. Значительна среди растворенных газов доля углекислого газа. Встречается он как в пределах равнины, так и в горной части, будучи наиболее распространен в переходной зоне (Западно-Сихотэ-Алинский вулканогенный бассейн), где имеются многочисленные минеральные углекислые источники.

Зона пресных вод в центральных частях Среднеамурского артезианского бассейна достигает мощности более 500 м . В Удиль-Кизинском и Амуро-Амгуньском артезианских бассейнах она прослеживается, вероятно, вплоть до фундамента, а на периферии крупных артезианских бассейнов распространена до глубины $700\text{--}1000 \text{ м}$.

Если среди вод с низкой минерализацией (до $0,2 \text{ г/дм}^3$) встречаются воды различного катионного состава (с преобладанием ионов Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} или чаще смешанные), то среди вод с относительно повышенной минерализацией (свыше $0,2 \text{ г/дм}^3$) заметно преобладают натриевые. Другая закономерность наблюдается в том, что более глубоко залегающие подземные воды являются и относительно более минерализованными. Воды с минерализацией порядка $0,2\text{--}0,3 \text{ г/дм}^3$ встречаются и в неглубоких слоях водоносного горизонта (на первых десятках метров), но обратной картины, т.е. наличия вод с минерализацией порядка $0,1 \text{ г/дм}^3$ на глубинах 100 м и более, не наблюдается. В единичных скважинах, вскрывающих глубокие водоносные горизонты в чехле артезианских бассейнов, минерализация воды достигает $0,9 \text{ г/дм}^3$.

Большой интерес представляют скважины в пос. Маго и с. Орель-Чля в Амуро-Амгуньском артезианском бассейне, вскрывшие высокоминерализованные хлоридные подземные воды в аллювиальных отложениях долины Амура, генетически связанные с влиянием морских вод со стороны Амурского лимана.

Изучение многолетнего гидрохимического режима подземных вод в пределах Среднеамурского артезианского бассейна (в городах Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре) показало, что на отдельных участках действующих водозаборов могут происходить преобразования химического состава подземных вод, выраженные в увеличении концентрации железа и марганца. Наиболее интенсивно эти процессы происходят в течение $1\text{--}3 \text{ мес}$.

с начала пуска водозабора в эксплуатацию. Механизм увеличения концентраций железа и марганца в подземных водах на участках их эксплуатации связан с увеличением в воде растворенного CO_2 за счет активизации процессов окисления органических веществ при снижении уровней подземных вод. Более значительные изменения происходят на участках длительной эксплуатации подземных вод, в результате чего наблюдаются рост общей минерализации, частичное изменение анионного и катионного составов, а также повышение содержаний нормируемых компонентов.

Водозабор подземных вод Северный в Хабаровске – инфильтрационного типа в аллювиальных отложениях долины Амура. В процессе работы водозабора с 1940-х годов до настоящего времени средняя концентрация железа в эксплуатационных скважинах уменьшилась с 5–20 до 0,1–0,3 мг/дм³, а марганца – с 1,5 – 2,5 до 0,1–0,5 мг/дм³. Из опыта эксплуатации водозабора в течение 30 лет замечено, что средние концентрации железа и марганца в водозаборных скважинах закономерно снижаются, а минерализация воды (сухой остаток) стабильно находится на уровне 60–110 мг/дм³.

На участке Чкаловского месторождения подземных вод в долине горной р. Силинка с начала 1990-х годов работает водозабор ТЭЦ-3 Комсомольска-на-Амуре. За время эксплуатации водозабора концентрация железа в отбираемой подземной воде находится в интервале от 0,1 до 0,5 мг/дм³, тогда как содержание марганца выросло с 0,55 до 0,75 мг/дм³.

Вулканогенные бассейны

Питьевые подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного бассейна прибрежно-морской зоны восточного склона Сихотэ-Алиня служат основным источником питьевого, хозяйственно-бытового и технического водоснабжения населенных пунктов на побережье Татарского пролива.

На этой территории развиты эффузивные и вулканогенно-осадочные образования преимущественно кайнозойского возраста, в составе которых преобладают излияния базальтов [2, 6, 9]. Они образуют Приморскую систему вулканогенных гидрогеологических бассейнов. Общая мощность накопившихся вулканических продуктов колеблется от нескольких сотен метров до 4–5 км [2]. Разгружаются подземные воды на суше в русла рек по речным долинам, а также в акватории Татарского пролива, где существуют мощные субаквальные выходы пресных подземных вод. Субаквальная разгрузка пресных подземных вод была закартирована в прибрежной зоне в бухтах Табо и Чихачева Татарского пролива на глубинах от 1 до 12 м на расстоянии до 1000 м от берега вдоль береговой линии длиной 32 км. В бухте Табо такая разгрузка на дне фиксировалась в виде грифонов высотой до 1 см. Минерализация морских вод в бухте Табо составляет 26,1–29,6 г/дм³ при минерализации в Татарском проливе 31–33 г/дм³.

В пос. Маго под мелкозернистыми песками мощностью 37,5 м были вскрыты миоценовые трещиноватые базальты, содержащие подземную воду хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией 16,7 г/дм³. Вторая скважина в поселке на глубине 20–25 м в мелкозернистых песках верхнечетвертичного возраста вскрыла воду с содержанием хлоридов 395 мг/дм³ и общей минерализацией до 3 г/дм³.

По химическому составу подземные воды вулканогенных образований гидрокарбонатные кальциево-магниевые или магниевые-кальциевые с минерализацией до 0,2 г/дм³. В прибрежной полосе моря минерализация подземных вод в базальтах увеличивается до 0,3–0,7 г/дм³, а химический состав вод становится гидрокарбонатно-хлоридным или хлоридно-гидрокарбонатным со смешанным катионным составом.

Сложные гидрогеохимические условия участков некоторых водозаборов питьевых подземных вод в населенных пунктах на побережье Татарского пролива обусловлены близостью к морскому побережью. В районе г. Советская Гавань и пос. Де-Кастри зафиксированы случаи интрузии соленых вод к водозаборам питьевых подземных вод, в результате чего эксплуатация скважин была прекращена [9].

Гидрогеологические массивы

В пределах горно-складчатых районов региона, на долю которых приходится более 75 % рассматриваемой территории, широко развиты разломы с выходом по ним трещинно-жильных подземных вод [3, 4]. Тектонически нарушенными являются как осадочные, так и изверженные и метаморфические породы разного возраста. Особенно густая сеть разломов наблюдается в зоне развития мезозойских структур Сихотэ-Алинской ГСО.

Формирование качественного состава подземных вод в трещиноватых породах происходит в зоне свободного гравитационного стока к ближайшим дренам и участкам фильтрации напорных вод, приуроченных к тектоническим нарушениям. На участках напорного режима фильтрации подземных вод формирование химического состава происходит в результате смешения вод приповерхностного стока с глубинными минерализованными водами, поднимающимися к поверхности по локальным участкам повышенной трещиноватости пород, приуроченных к тектоническим нарушениям глубокого заложения. Как правило, таким водам присущи аномальные химический и микрокомпонентный составы, а также более высокие параметры минерализации.

Трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных образований (верхнемеловых гранодиоритов) формируются в зонах интенсивного водообмена. Наблюдается рост минерализации подземных вод от 0,01 г/дм³ в пределах интенсивно расчлененных массивов до 0,2 г/дм³ в пределах слабо расчлененных массивов. Соответственно меняется и химический состав вод от хлоридно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого до гидрокарбонатного магниево-кальциевого. Трещинно-жильные воды зон разломов на участках рудных месторождений часто в связи с окислением сульфидов имеют повышенное содержание сульфатов, железа и микрокомпонентов.

Уникальные материалы по качественному составу подземных вод получены при проходке Кузнецовского тоннеля, пересекающего осевую часть хр. Сихотэ-Алинь. Тоннель располагается в зоне (поясе) питания (поглощения) инфильтрующихся атмосферных осадков, а подходы к нему находятся в зоне постоянной разгрузки подземных вод в днищах долин водотоков [15].

Формирование химического состава подземных вод, обеспечивающих водопитие в систему подземных горных выработок Кузнецовского тоннеля, происходит только в зоне инфильтрационного питания. Питание подземных вод осуществляется в периоды дождей, таяния снега или за счет конденсации водных паров из воздуха в породном массиве. Движение просочившихся вод через зону аэрации вертикально нисходящее в пределах породного массива трещиноватых пород и наклонное при формировании кратковременных потоков подповерхностных подземных вод типа верховодки в щебенчато-глыбовых отложениях водоразделов и склонов.

Минерализация и химический состав подземных вод на восточных (восточный портал Кузнецовского тоннеля) и западных (западный портал тоннеля) склонах хр. Сихотэ-Алинь несколько различаются [15]. Это обусловлено влиянием летних муссонов с Тихого океана, при которых основное количество жидких атмосферных осадков выпадает на восточных склонах хребта. Поэтому минерализация подземных вод в скважинах в зоне постоянной разгрузки подземных вод вблизи восточного портала немного ниже и составляет 123–175 мг/дм³, а у западного портала – 164–229 мг/дм³.

Экологические проблемы использования подземных вод

Фактором, определяющим экологическую безопасность питьевых подземных вод при использовании в городах и населенных пунктах, при прочих равных условиях является структура зоны свободного водообмена, в границах которой происходит формирование ресурсов и качественного состава вод.

Безопасность подземных вод оценивается по следующим параметрам: природное качество подземных вод; защитные свойства и уязвимость горных пород и подземных вод зоны аэрации, перекрывающих и подстилающих водоносных и водоупорных горизонтов и непосредственно объекта исследования – самого водоносного пласта; биогеохимические характеристики активности взаимодействия подземных вод и горных пород в естественных условиях, а также при антропогенном воздействии на систему вода–порода.

Техногенное загрязнение подземных вод установлено в основном в крупных промышленных центрах территории: городах Комсомольск-на-Амуре, Хабаровск и Амурск, поселках Солнечный и Де-Кастри [1, 3, 7]. К площадным источникам загрязнения подземных вод можно отнести крупные золоотвалы Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре, Амурска, из которых возможен перенос в подземные воды мышьяка, селена, меди, цинка и серы. К этой же категории источников загрязнения подземных вод относятся илохранилища очистных сооружений населенных пунктов.

Обеспечение питьевых потребностей каждого человека территории экологически безупречной пресной водой – важная социальная задача. Особое значение при этом имеют подземные воды природно высокого качества, соответствующие стандартам и нормативам, отвечающие без предварительной очистки медико-биологическим показателям. Высокими достоинствами отличаются пресные подземные воды вулканогенных бассейнов, месторождения которых разведаны в базальтах в районе городов Советская Гавань, Николаевск-на-Амуре и других местах [6, 9]. Эти воды не имеют экологических ограничений для питьевого применения, относятся к высшему классу, и их ресурсы вполне могут быть использованы для текущего и перспективного обеспечения населения качественной питьевой водой. Возможно бутилирование этих подземных вод в значительных масштабах для реализации в регионе и за рубежом.

Заключение

На Нижнем Амуре в горной части бассейнов рек подземные воды, как правило, удовлетворяют нормативным требованиям к питьевым водам, но на равнинной части, где проживает подавляющая часть населения региона, они содержат повышенные концентрации железа, марганца и других компонентов и без очистки не могут использоваться для питья.

Переход на снабжение водой из подземных источников повышает безопасность ее использования и имеет несомненный социальный, экономический и экологический эффект, поскольку это позволит гарантировать устойчивость качества питьевых вод, улучшить состояние здоровья людей и увеличить продолжительность жизни населения.

Возможность использования подземных вод для питьевого водоснабжения на территории городов ограничивается загрязнением природного характера или существующим и потенциальным загрязнением техногенного характера.

Прогрессирующее в последние годы загрязнение поверхностных вод достаточно определенно высвечивает экологическую проблему в бассейне Амура и необходимость переориентации питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения городов и поселков с поверхностных источников на подземные.

Климатические условия территории (по количеству атмосферных осадков) обеспечивают устойчивое питание подземных вод в многолетнем разрезе. В связи с этим ресурсы пресных подземных вод, формирующиеся в охарактеризованных гидрогеологических структурах региона [4, 6, 9], позволяют производить поисковые и разведочные работы для выбора источников водоснабжения существующих и перспективных населенных пунктов территории за счет использования подземных вод.

В рассматриваемом регионе, испытывающем дефицит в безопасной и качественной питьевой воде, особое значение имеют подземные воды природно высокого качества,

соответствующие стандартам и нормативам и отвечающие без предварительной очистки по медико-биологическим показателям требованиям для питьевого потребления. Особыми достоинствами отличаются пресные подземные воды вулканогенных бассейнов. Эти воды не имеют экологических ограничений, безопасны для питьевого применения и относятся к высшему классу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов Б.С. О химическом составе подземных вод в очагах нефтяного загрязнения нижнего Амура // *Материалы Всерос. совещ. по подзем. водам востока России (XVII совещ. по подзем. водам Сибири и Дальнего Востока)*. Иркутск; Красноярск, 2003. С. 191–193.
2. Болдовский Н.В. Подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. Владивосток: Дальнаука, 1994. 222 с.
3. Водно-экологические проблемы бассейна реки Амур / отв. ред. А.Н. Махинов. Владивосток: ДВО РАН, 2003. 187 с.
4. *Гидрогеология СССР. Т. 23. Хабаровский край и Амурская область*. М.: Недра, 1971. 514 с.
5. Зекцер И.С. и др. Подземные воды Мира: ресурсы, использование, прогнозы / ИВП РАН. М.: Наука, 2007. 438 с.
6. Караванов К.П., Калита В.А. Подземные воды кайнозойских вулканических образований материковой части Дальнего Востока // *Формирование природных вод Дальнего Востока*. Владивосток, 1983. С. 85–102.
7. Козлов С.А. Гидрогеохимические провинции с повышенными концентрациями нормируемых элементов в пресных подземных водах хозяйственно-питьевого назначения Дальнего Востока // *Материалы Всерос. совещ. по подзем. водам востока России (XVII совещ. по подзем. водам Сибири и Дальнего Востока)*. Иркутск; Красноярск, 2003. С. 77–79.
8. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод: Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
9. Кулаков В.В. Питьевые подземные воды прибрежно-морской зоны восточного Сихотэ-Алия // *Материалы междунар. конф. «Устойчивое природопользование в прибрежно-морских зонах»*, Владивосток, 7–9 октября 2013 г. Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 192–196.
10. Кулаков В.В., Андреева Д.В. Растворенные газы подземных вод Амуро-Тунгусского междуречья // *Тихоокеан. геология*. 2016. Т. 35, № 2. С. 83–93.
11. Куренной В.В. Бассейны питьевых подземных вод. [CD-ROM]. М.: ЭКВАТЕК-2008, 2008.
12. Труфанов А.И. Формирование железистых подземных вод. М.: Наука, 1982. 133 с.
13. Шамо В.В., Ониши Т., Кулаков В.В. Сток растворенного железа в реках бассейна Амура в конце XX века // *Водн. ресурсы*. 2014. Т. 41, № 2. С. 206–215.
14. Шварцев С.Л. *Гидрогеохимия зоны гипергенеза*. 2-е изд. М.: Недра, 1998. 366 с.
15. Zlobin G.A., Kulakov V.V. Geohydrological Situation at the Kuznetsovskii Tunnel, Northern Sikhote Alin // *Water Resources*. 2015. Vol. 42, N 7. P. 876–888.