



Подземные воды

Авторы: И. С. Зекцер

Подземные воды

На территории России [подземные воды](#) характеризуются большим разнообразием условий распространения, формирования ресурсов и химического состава. Широко представлены пресные, минеральные и термальные подземные воды.

Закономерности формирования подземных вод в различных регионах России находятся прежде всего в зависимости от их структурно-гидрогеологических условий, т. е. особенностей распространения в этих регионах различных типов гидрогеологических структур. Выделяется ряд артезианских и гидрогеологических складчатых областей, особый класс по условиям залегания и формирования составляют подземные воды [криолитозоны](#).

Основные артезианские области

К главным артезианским областям относятся Восточно-Европейская, Западно-Сибирская и Восточно-Сибирская.

В пределах **Восточно-Европейской артезианской области** выделяют Московский, Северо-Двинский, Волго-Камский, Сурско-Хопёрский, Прикаспийский и Печорский [артезианские бассейны](#). Основные факторы формирования подземных вод этой артезианской области: значительные изменения ландшафтно-климатической обстановки от северной тундры до засушливых полупустынь Прикаспия; равнинный рельеф; неглубокий врез речных долин (до 150 м); присутствие в разрезе чехла четырёх структурных этажей, сложенных верхнепротерозойскими, вендско-нижнедевонскими, среднедевонско-верхнетриасовыми и нижнеюрско-кайнозойскими отложениями; широкое развитие карбонатных пород палеозойского возраста и четвертичных ледниковых отложений; развитие мощных соленосных толщ в девоне,

карбоне и перми; наличие многолетней мерзлоты на севере области. Обводнённость пород прослеживается до глубины нескольких тысяч метров. Пресные подземные воды приурочены в основном к терригенным и карбонатным породам верхнего гидрогеологического этажа. Наибольшие значения модуля подземного стока (до 6–8 л/с·км²) характерны для районов развития карста, для терригенных отложений перми – значительно меньше (1,0–1,5 л/с·км²), для флювиогляциальных отложений – ок. 2 л/с·км². В гидрохимическом разрезе артезианской области выделяют (сверху вниз) 3 зоны: пресных вод (минерализация до 1 г/л), солёных вод (1–35 г/л) и рассолов (св. 35 г/л). Мощность зоны пресных вод в среднем составляет 200–300 м, а на отдельных участках Прикаспийского артезианского бассейна эта зона вообще отсутствует. Значительная эксплуатация подземных вод в Московском артезианском бассейне привела к образованию обширных депрессионных воронок (глубина – десятки метров, площадь – сотни км²).

Западно-Сибирская артезианская область (называемая также артезианским бассейном) является крупнейшей в мире (площадь 3 млн. км²). Гидрогеологические условия определяются: неглубоким врезом речных долин (до 70 м); сравнительно небольшим количеством атмосферных осадков (250–400 мм в год); широким развитием болот и озёр; преимущественно песчано-глинистым разрезом осадочного чехла мощностью 7 км при отсутствии соленосных и карбонатных пород; широким распространением региональных водоупоров (глинистые толщи верхней юры, мела и кайнозоя); распространением многолетней мерзлоты на севере области; важной ролью неотектонических нарушений. Пресные подземные воды распространены в основном на её окраинах, причём на юге и юго-востоке мощность зоны пресных вод достигает 1,8 км, что объясняется длительным сохранением континентальных условий осадконакопления. Значения модулей подземного стока колеблются в пределах 0,1–4,0 л/с·км². Мощность расположенной ниже зоны солёных вод возрастает от окраины к центру артезианской области (от первых сотен метров до 4 км). Солоноватые и солёные воды (минерализация 1–35 г/л) занимают преобладающую часть территории, особенно на западе и севере области.

В пределах **Восточно-Сибирской артезианской области** выделяются Ангаро-

Ленский, Тунгусский, Якутский, Оленёкский, Котуйский и Хатангский артезианские бассейны. Основные факторы формирования подземных вод: резко континентальный климат с наибольшим количеством атмосферных осадков (до 350 мм в год); широкое развитие многолетнемерзлых пород мощностью до 1000 м; глубокие эрозионные врезы долин (до 500 м); значительные мощности карбонатных и соленосных пород; проявления карста в Ангаро-Ленском бассейне и соляной тектоники на юге Якутского бассейна; широкое проявление разрывной тектоники и связанных с разломами выходов на поверхность солёных вод и рассолов; активный неотектонический режим – поднятия до 500 м на окраинах артезианской области и опускания до 1000 м на востоке Якутского артезианского бассейна. Модули родникового стока на участках выхода фундамента на поверхность не превышают 0,2–0,3 л/с·км², дебиты скважин – до 1 л/с. Мощность зоны пресных вод составляет ок. 400 м на юге артезианской области, а в континентальных пермских и меловых отложениях Вилюйской синеклизы достигает 4 км. Модули подземного стока колеблются от 0,5 до 4,0 л/с·км². Мощность зоны солёных вод варьирует от нескольких сотен метров до 4 км (в Хатангском и Якутском артезианских бассейнах). Мощность зоны рассолов превышает 3 км, а их общие запасы достигают $1,5 \cdot 10^{14}$ т.

Гидрогеологические складчатые области и массивы

В горных районах страны выделяются гидрогеологические складчатые области и массивы, обводнённость которых определяется в первую очередь геолого-структурными факторами и климатическими условиями. К таким областям относят складчатые сооружения Балтийского и Алданского щитов, Урала, Тиманского кряжа, архипелага Новая Земля, Анабарской антеклизы, Енисейского кряжа, Саян, Алтая, Сихотэ-Алиня, Забайкалья, Верхояно-Колымского и Корякского нагорий, полуостровов Таймыр и Камчатка, Курильских островов и острова Сахалин. В их пределах осадочные, метаморфические и изверженные породы содержат трещинно-жильные, пластово-трещинные или пластовые напорные, напорно-безнапорные и безнапорные подземные воды, приуроченные главным образом к зонам эндогенной и экзогенной трещиноватости и рыхлым покровным отложениям. Глубина залегания прерывистой в разрезе водоносной зоны эндогенной трещиноватости в глубоко

метаморфизованных породах древних массивов может превышать 6–7 км.

Криолитозона

В криолитозоне, занимающей более 65% территории России (а в Восточно-Сибирской артезианской области св. 90%), наряду с геолого-структурным фактором распространение и формирование подземных вод определяются толщиной многолетнемёрзлых пород. Подземные воды приурочены в основном к надмерзлотным отложениям различного возраста. Сплошная толща многолетнемёрзлых пород является региональным водоупором и ограничивает распространение пресных надмерзлотных и межмерзлотных подземных вод участками сквозных и несквозных таликов под крупными реками и озёрами. Талики часто характеризуются ограниченными эксплуатационными ресурсами и низким качеством воды в зимний период, в конце которого общая минерализация воды может возрасти с 0,05–0,1 до 2–3 г/л, а суммарный дебит скважин уменьшиться в 5–10 раз. В летний период запасы и качество воды таликов восстанавливаются. Подмерзлотные воды в артезианских бассейнах Восточно-Сибирской области обычно являются рассолами (до 300 г/л) с отрицательной (до –8 °С) температурой, с азотно-метановым и сероводородным составом газов.

Ресурсы и использование подземных вод

Пресные и солоноватые подземные воды. Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных и солоноватых подземных вод России с минерализацией до 3 г/л оцениваются в 919 млн. м³/сут (нач. 2019), балансовые эксплуатационные запасы – 79,5 млн. м³/сут (оценка запасов даётся для подземных вод с минерализацией преимущественно до 1 г/дм³). Из 20 138 разведанных участков питьевой воды (самостоятельных и в составе месторождений) эксплуатируются 13 605. Совокупный водоотбор из подземных водных объектов пресных (минерализация до 1 г/л) и солоноватых (слабоминерализованных – до 3 г/л) вод составил 24 млн. м³/сут, в т. ч. добыча 15,6 млн. м³/сут, извлечение 4,4 млн. м³/сут (изъятие воды попутно, без дальнейшего её использования: при шахтном или карьерном водоотливе, а также для защиты территории от подтопления, для дренажа сельскохозяйственных земель и др.).

Наибольшее количество подземных вод отбирается в Московской, Кемеровской, Свердловской областях и Краснодарском крае.

В рамках работ по ведению Государственного водного кадастра ежегодно обобщается информация об эксплуатационных запасах подземных вод, их использовании и качестве (это составная часть государственного мониторинга состояния недр). По водному законодательству пресные подземные воды должны расходоваться, как правило, только на хозяйственно-питьевое водоснабжение, на др. нужды (промышленность, орошение сельскохозяйственных земель) – лишь при обеспеченности ресурсами современных и перспективных потребностей хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также по специальному разрешению природоохранных органов. Использование подземных вод составило 23 млн. м³/сут (2018), в его структуре на хозяйственно-питьевое водоснабжение приходится ок. 9 млн. м³/сут, на производственно-техническое водоснабжение – 3,7 млн. м³/сут, на орошение земель и обводнение пастбищ – 0,7 млн. м³/сут. Расход подземных вод на 1 чел. в среднем составляет 134 л/сут, в т. ч. 96 л/сут на хозяйственно-питьевое водоснабжение. Отмечается увеличение доли подземных вод (до 46%) в общем балансе источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако водоснабжение многих крупных городов, включая Москву и Санкт-Петербург, базируется на не защищённых от загрязнения поверхностных водах, часть таких городов не имеет разведанных подземных источников. Только 30% городов и населённых пунктов России полностью обеспечиваются подземной питьевой водой. Свыше 600 городов страны не имеет подземных источников водоснабжения. Начиная с последних десятилетий 20 в. наблюдается загрязнение подземных вод, основными источниками которого являются накопители отходов и сточные воды промышленных предприятий, нефтепромыслов, складов горюче-смазочных материалов, а также сельскохозяйственные и бытовые стоки. Кроме того, загрязнение подземных вод происходит из-за интенсивного водоотбора, в т. ч. в результате подтягивания в эксплуатируемые горизонты некондиционных вод с более глубоких уровней.

Минеральные подземные воды. Балансовые эксплуатационные запасы минеральных подземных вод (нач. 2019) составляли 311,3 тыс. м³/сут. Углекислые



Кисловодск. Главные нарзанные ванны.



Забайкальский край. Дарасунские минеральные воды (питьевая галерея).

минеральные воды разнообразного химического состава формируются в областях активного проявления термометаморфических процессов в пределах Приморья, Забайкалья, Северного Кавказа и др. регионов (месторождения Ласточка, Дарасунское, Кисловодский Нарзан, Железноводск). Они нередко содержат бор, мышьяк, фтор и др. микроэлементы. Радоновые минеральные воды разнообразного состава связаны с гранитоидами и активизированными в четвертичное время тектоническими нарушениями (месторождения Белокуриха, Молоковка, Липовка). В областях современного вулканизма (Камчатка и Курильские острова) развиты углекисло-азотные и азотные, кремнистые холодные и термальные воды, кислые и ультракислые (с рН 3) термальные и холодные железистые, алюминиевые, аммонийные воды с общей минерализацией до 3–5 г/л. Сероводородные воды обычно распространены в зоне затруднённого водообмена в артезианских бассейнах, содержащих сульфатные породы и нефтяные углеводороды (Предуралье, Западная Якутия и

др.). Разведано 995 участков (отдельных и в составе месторождений), суммарная добыча составила 7446 тыс. м³ (20,4 тыс. м³/сут; 2018). Основной объём добываемой воды (ок. 71%) используется для бальнеологического лечения и розлива (ок. 28%), остальное – для технических и хозяйственных целей (преимущественно в районах с дефицитом пресных питьевых вод). Санитарно-оздоровительными учреждениями и заводами по розливу воды эксплуатируются св. 300 месторождений минеральных вод. На их базе действуют курорты, санатории, бальнеолечебницы, заводы розлива

минеральных вод. Наиболее старые и известные курорты: Марциальные Воды (Карелия), [Ессентуки](#), [Пятигорск](#), [Железноводск](#), [Кисловодск](#) (Северный Кавказ), Мацеста (Черноморское побережье Кавказа), Дарасун, Кульдур (Забайкалье), [Белокуриха](#) (Алтай), Паратунка, Паужетка (Камчатка) и др.

Промышленные воды. Значительные запасы промышленных вод (гидроминеральное сырьё) являются важнейшим источником для получения йода, брома, бора, лития, рубидия, цезия, стронция. К ним, помимо природных рассолов, относятся также попутные воды нефтяных месторождений. Балансовые запасы 471,2 тыс. м³/сут. Промышленные воды распространены в Краснодарском и Красноярском краях, в Западной Сибири, Иркутской и Архангельской областях, на Северном Кавказе, а также на территории Волго-Уральской и Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций. Потенциал промышленных вод пока используется в ограниченных масштабах. Из шести выявленных месторождений разрабатывается один участок Славяно-Троицкого месторождения (Краснодарский край), добывается йод. Готовятся к разработке Леонидовское и Астраханское (Астраханская область), Северо-Двинское (Архангельская область), Тюменское (Тюменская область) месторождения йодных вод и Краснокамское месторождение (Пермская область) йод- и бромсодержащих вод. Прогнозные эксплуатационные ресурсы гидроминерального сырья (подземные воды и озёрная [рапа](#)) Европейской части России в сумме составляют св. 2600 тыс. м³/сут. Наиболее перспективны для практического освоения Восточно-Предкавказский и Волго-Камский бассейны, где развиты поликомпонентные рассолы.

Термальные воды. Прогнозные эксплуатационные ресурсы термальных (теплоэнергетических) вод в России (св. 85 млн. м³ в год) эквивалентны более 140 млн. т условного топлива. Выявлено 62 месторождения вод с балансовыми запасами 263,1 м³/сут (из них 45 разрабатываются) и 6 месторождений пароводяных смесей с запасами 132,2 тыс. т/сут (2018). Запасы разрабатываемых месторождений составляют 79,3% суммарных российских, из них подготовлено к освоению 3,1%. Температура термальных вод варьирует от 40 до 80 °С, минерализация 0,7–23 г/дм³. Почти ³/₄ запасов сосредоточено в южных регионах страны, наибольшими запасами

обладают: Дагестан, Чеченская Республика, Краснодарский край. Добыча (2018) составила 14,9 тыс. м³/сут. На Дальнем Востоке запасы термальных вод разведаны в Камчатском крае, Магаданской области и Чукотском автономном округе. Добыча ведётся в основном на Камчатке.

Все месторождения пароводяной смеси локализованы на Дальнем Востоке. Основные запасы (71,5%) сосредоточены на территории Камчатского края (на Паужетском и Мутновском месторождениях). Добыча составила 1,7 тыс. т/сут (2018). Пароводяная смесь обеспечивает работу геотеплоэлектростанций (ГеоТЭС) Камчатки: Паужетской (мощность до 11 МВт), Верхнемутновской (Верхне-Мутновская; 12 МВт) и Мутновской (50 МВт). Потенциал Мутновского месторождения оценивается в 300 МВт. На острове Кунашир действует ГеоТЭС мощностью 2,6 МВт. На острове Итуруп строится Океанская ГеоТЭС мощностью 34,5 МВт. Термальные подземные воды используются для теплоснабжения и реже в лечебных целях. Ресурсы термальных вод в диапазоне температур 30–200 °С имеются практически на всей территории России, но только на Дальнем Востоке они служат для получения энергии.

Литература

Лит.: Зекцер И. С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. М., 1977; Зекцер И. С., Джамалов Р. Г. Подземные воды в водном балансе крупных регионов. М., 1989; Боровский Б. В., Язвин Л. С. Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. М., 1995; Кирюхин В. А. Региональная гидрогеология. СПб., 2005; Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году» / Гл. ред. Е. А. Киселев. М., 2019.