

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР СССР

ЛЕНИНГРАД
1974

551.49

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР СССР

ЛЕНИНГРАД
1974



Коллектив авторов. Основные типы гидрогеологических структур СССР. Л., 1974, 92 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. ордена Ленина науч.-исслед. геол. ин-т).

В сборнике рассматриваются вопросы гидрогеологического районирования крупных регионов СССР и типизации гидрогеологических структур по признаку преобладающего распространения типов скоплений подземных вод, особенности гидрогеологической, гидрохимической и гидро-термической стратификации гидрогеологических разрезов.

Статьи сборника в сумме охватывают всю территорию СССР, включая восточные, северо-восточные и северные акватории. Такая работа с учетом новейших достижений в области региональной гидрогеологии проделана впервые.

Выполненное районирование и типизация гидрогеологических структур по комплексу признаков имеет большое теоретическое и практическое значение, так как учет особенностей гидрогеологических структур разного типа необходим для конкретизации и повышения эффективности гидрогеологических исследований.

Работа представляет интерес для широкого круга гидрогеологов, инженеров-геологов, физико-географов и преподавателей высших и средних учебных заведений геологических и гидрогеологических специальностей.

Научный редактор *И. К. ЗАЙЦЕВ*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработкой принципов гидрогеологического районирования и гидрогеологическим районированием отдельных частей территории СССР занимались многие гидрогеологи, но не так много выполнено работ, в которых рассматривается районирование всей территории СССР. К последним можно отнести работы М. М. Василевского и др. (1939), Н. И. Толстихина и Г. Н. Каменского (1959), Б. И. Куделина (1960), И. К. Зайцева (1963, 1971). Названными авторами составлены мелкомасштабные схемы гидрогеологического районирования СССР, на которых показаны главным образом гидрогеологические регионы 1-го порядка. Более детально территория СССР прорайонирована на гидрогеологических картах СССР масштабов 1:7 500 000, 1:5 000 000 и 1:2 500 000, составленных и изданных Всесоюзным ордена Ленина научно-исследовательским геологическим институтом (ВСЕГЕИ), и еще более детально на картах, иллюстрирующих тома «Гидрогеологии СССР». Однако и в этих работах гидрогеологическое районирование всей территории СССР не доведено до необходимой детальности.

В 1973 г. сотрудниками ВСЕГЕИ, ЛГИ и НИИГА была составлена карта основных типов гидрогеологических структур масштаба 1:7 500 000, на которой выделены гидрогеологические районы 1, 2, 3-го, а по отдельным областям и 4-го порядка. Схема карты помещена в настоящем сборнике. От всех предыдущих карт районирования она отличается тем, что охватывает не только всю территорию СССР, но и прилегающие акватории. В последние годы субаквальные территории привлекают все большее внимание как советских, так и зарубежных геологов в связи с поисками полезных ископаемых, особенно нефти и газа. Поэтому мы сочли необходимым обобщить имеющиеся данные по акваториям СССР и произвести гидрогеологическое районирование их, правда, для большей части территории в порядке прогноза, основанного больше на геологических предпосылках и по аналогии с гидрогеологическими условиями структур, прилегающих к акваториям.

Гидрогеологические структуры и их типы, показанные на карте, кратко охарактеризованы в отдельных статьях настоящего сборника, написанных исполнителями районирования соответствующих частей территории СССР. К сожалению, небольшой объем книги не позволил охарактеризовать с достаточной полнотой все гидрогеологические структуры, выделенные на карте. Структуры 3-го и 4-го порядка во многих случаях только названы с указанием типа, к которому они относятся.

При выделении и типизации гидрогеологических структур все авторы придерживались одних и тех же принципов, кратко охарактеризованных в статье И. К. Зайцева.

Во всех статьях сборника приняты следующие обозначения:

А — гидрохимическая зона пресных вод с преобладающей минерализацией до 1 г/кг. Б — гидрохимическая зона соленых вод с преоб-

ладающей минерализацией 1—35 г/кг. Б₃ — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды 1—3 г/кг. Б₁₀ — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды 3—10 г/кг. Б₃₅ — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды 10—35 г/кг. В — гидрохимическая зона рассольных вод (рассолов) с преобладающей минерализацией больше 35 г/кг. В₇₀ — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды 35—70 г/кг. В₁₄₀ — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды 70—140 г/кг. В₂₇₀ — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды 140—270 г/кг. В₃₅₀ — гидрохимическая подзона с минерализацией воды 270—350 г/кг. В_{>350} — гидрохимическая подзона с преобладающей минерализацией воды больше 350 г/кг. Д — гидрохимическая зона, в пределах которой наблюдается пестрое расположение вод разной минерализации. АБВ₁₄₀ — пример псевдоформулы, обозначающей последовательность расположения гидрохимических зон в гидрогеологическом разрезе (сверху вниз) и максимальную минерализацию воды в граммах на килограмм (цифра) в соответствующей зоне или подзоне. Отсутствие цифры возле буквы, обозначающей зону, означает, что в данной зоне присутствуют все гидрохимические подзоны ее.

И. К. Зайцев

**ПРИНЦИПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО
РАЙОНИРОВАНИЯ
И ТИПИЗАЦИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

Коллектив авторов настоящего сборника при гидрогеологическом районировании территории СССР пользовался структурно-гидрогеологическим методом районирования, основы которого были предложены М. М. Василевским [2], развиты в работах И. К. Зайцева и Н. И. Толстихина [6] и широко использованы другими гидрогеологами, особенно при составлении многотомного описания гидрогеологии СССР.

В соответствии с принципами структурно-гидрогеологического районирования гидрогеологической структурой называется геологическая структура, в пределах которой господствует один или несколько определенных типов скоплений подземных вод. При этом под основной единицей гидрогеологического районирования подразумевается бассейн подземных вод определенного типа (или типов). Господствующий тип скоплений подземных вод, лежащий в основе структурно-гидрогеологического районирования, является выражением суммарного взаимодействия разнообразных геологических и физико-географических факторов формирования подземных вод в соответствующих структурах на всем протяжении истории гидрогеологического развития данного участка земной коры. Он дает представление о характере распространения воды в породах и об условиях ее извлечения из пород. Господствующий тип скоплений подземных вод можно рассматривать как один из основных признаков гидрогеологической классификации горных пород, а следовательно, как один из критериев выделения гидрогеологических структур и их типов [5].

Классификация подземных вод по характеру их скоплений, а следовательно, и классификация горных пород по их коллекторским особенностям разрабатывалась многими гидрогеологами, в том числе автором [3, 4, 5]. Согласно этой классификации, скопления подземных вод подразделяются на два основных типа: а) пластовые и б) трещинно-жилые.

Пластовые скопления подземных вод характерны для осадочных, сравнительно слабо дислоцированных или совсем недислоцированных пород. Они подразделяются на три основных класса, отражающих степень уплотнения пород, а следовательно, и их коллекторские свойства: 1) порово-пластовые, 2) трещинно-пластовые и 3) карстово-пластовые, с несколькими подклассами переходного характера: порово-трещинно-пластовые, трещинно-карстово-пластовые и др.

Классы и подклассы скоплений подземных вод обычно соответствуют определенным этапам формирования гидрогеологических структур. Порово-пластовые скопления характерны для пород кайнозойского возраста; порово-трещинно-пластовые — для пород неоген-палеогенового и мезозойского возраста платформ, часто и межгорных впадин; трещинно-пластовые — для пород палеозойского, реже мезозойского воз-

раста платформ. Карстово-пластовые скопления вод больше отражают особенности литологического состава пород, а не только степень их уплотнения. В гидрогеологическом разрезе платформ каждый из названных классов и подклассов свойствен определенному структурно-тектоническому ярусу и, следовательно, отражает гидрогеологическую зональность соответствующих гидрогеологических структур.

Трещинно-жильные скопления подземных вод характерны для изверженных, метаморфических и сильно метаморфизованных пород, распространение подземных вод в которых обусловлено в основном наличием трещин разного генезиса. Они подразделяются на три основных класса скоплений вод: регионально-трещинных (или грунтово-трещинных), локально-трещинных (или жильных) и трещинно-карстовых.

Кроме названных двух основных типов скоплений подземных вод, выделяются два подтипа, больше приближающиеся к типу трещинно-жильных скоплений: пластово-трещинные (но не трещинно-пластовые) и покрово-порово-трещинные. К первым относятся скопления подземных вод, приуроченные к осадочным, но сильно метаморфизованным породам, распространение вод в которых хотя и происходит в основном по трещинам разного генезиса, но на закономерность их распространения и на их характер существенное влияние оказывают первоначальная слоистость и литологический состав пород.

Ко второму типу относятся скопления подземных вод, приуроченные к туфолавым толщам преимущественно молодых вулканических излияний, в которых распространение подземных вод определяется разной степенью и характером трещиноватости и пористости различных лавовых покровов и потоков, чередующихся с туфами, а иногда и другими осадочными породами.

Названные типы, подтипы и классы трещинно-жильных скоплений подземных вод соответствуют определенным этапам формирования соответствующих участков земной коры, главным образом складчатых областей, и принадлежат тем и иным структурно-тектоническим ярусам. Так, типичные трещинно-жильные скопления подземных вод господствуют в фундаменте допалеозойских платформ, в щитах и в складчатых системах допалеозойского и нижнепалеозойского возраста, а также в массивах кристаллических пород любого возраста и генезиса. Пластово-трещинные скопления (но не трещинно-пластовые) в разном сочетании с трещинно-жильными и трещинно-карстовыми скоплениями подземных вод господствуют в осадочных породах фундамента эпигерцинских платформ и складчатых сооружений мезозойского и кайнозойского возраста. Покрово-порово-трещинные скопления широко распространены в областях молодого и современного вулканизма, где образуют соответствующий структурно-тектонический ярус.

По признаку господствующего распространения типов и классов скоплений подземных вод соответственно выделяются два типа гидрогеологических структур: 1) артезианские структуры и 2) гидрогеологические массивы.

К артезианским и близким к ним относятся структуры, в пределах которых господствуют пластовые скопления подземных вод. Они приурочены к платформенным плитам, а также к межгорным впадинам и предгорным прогибам. Артезианские структуры состоят из чехла и складчатого фундамента, залегающего под чехлом. Чехол образует верхний этаж артезианских структур, т. е. этаж пластовых скоплений подземных вод, а фундамент — нижний этаж артезианских структур, т. е. этаж трещинно-жильных скоплений подземных вод. Верхний и нижний этажи, в свою очередь, могут подразделяться на гидрогеологические ярусы, соответствующие структурно-тектоническим ярусам, к которым приурочены разные типы скоплений подземных вод.

Артезианские структуры подразделяются на следующие классы:

1. Артезианские бассейны — это различного рода впадины, для которых характерно нарастание мощности чехла от приподнятых к наиболее прогнутым частям впадин. В большинстве таких бассейнов более или менее отчетливо наблюдается гидродинамическая, гидрохимическая и гидротермическая зональность, но разного характера и в разном сочетании.

2. Артезианские своды отличаются от артезианских бассейнов тем, что они приурочены не к синеклизам и впадинам, а к антеклизам и сводам, в пределах которых фундамент существенно приподнят, а мощность чехла здесь значительно меньше его мощности в прилегающих впадинах. Нижняя гидродинамическая зона в них или отсутствует полностью, или ее мощность сравнительно небольшая. В соответствии с этим в артезианских сводах зона рассолов и подзона сильносоленых подземных вод обычно полностью отсутствует.

3. Адартезианские бассейны близки к артезианским, но отличаются от них широким распространением пластово-трещинных (наряду с трещинно-пластовыми) и трещинно-жильных подземных вод, а вследствие этого и более сложными гидрохимическими и гидродинамическими закономерностями.

4. Вулканогенные супербассейны — это структуры, в пределах которых господствуют покрово-порово-трещинные скопления подземных вод, т. е. структуры, образованные толщами вулканических лав и их туфов, выполняющими долины рек и другие пониженные участки рельефа.

К гидрогеологическим массивам относятся структуры, в пределах которых господствуют трещинно-жильные скопления подземных вод. В тектоническом отношении это щиты платформ, лишенные или почти лишенные чехла, или складчатые сооружения в горно-складчатых областях. По отношению к артезианским бассейнам платформ и складчатых областей гидрогеологические массивы можно рассматривать как выступы складчатого фундамента на поверхность. Это определенные системы бассейнов преимущественно трещинных, жильных и некоторых других вод, сток которых направлен от наиболее возвышенных частей массивов к их периферии.

К гидрогеологическим массивам близки гидрогеологические адмассивы. Это структуры, сложенные преимущественно осадочными и вулканогенными породами, хотя и сильно метаморфизованными и дислоцированными, но еще не полностью утратившими первоначальную слоистость, которая оказывает существенное влияние на закономерности распространения подземных вод. Для них характерны пластово-трещинные скопления подземных вод наряду с трещинно-жильными. Следовательно, эти структуры весьма близки по типу скоплений подземных вод к адартезианским бассейнам, но приурочены к разного рода возвышенностям, т. е. к выходам на поверхность фундамента эпигерцинских платформ, а также к сооружениям различных фаз альпийской складчатости.

Вулканогенные супермассивы — это структуры, образованные мощными толщами лав и их туфов, наложенными на другие гидрогеологические структуры. В них господствуют покрово-трещинно-поровые скопления подземных вод. Это вулканические конусы и высокоподнятые вулканические плато.

В северных областях территории СССР многолетняя мерзлота существенно изменяет гидрогеологические условия названных выше структур. С учетом этих изменений гидрогеологические структуры подразделены (см. карту) на следующие группы:

1. Артезианские и адартезианские бассейны, в пределах которых мощность мерзлоты больше мощности: а) зоны пресных вод — под мерзлотой распространены соленые и рассольные воды; б) зон пресных

и соленых вод — под мерзлотой распространены рассольные воды; в) зон пресных, соленых и рассольных вод, т. е. мощность мерзлоты равна или больше мощности чехла бассейнов; г) мерзлота имеет островной характер, преимущественно в зоне пресных вод.

2. Массивы и адмассивы, в пределах которых мощность обводненной зоны региональной трещиноватости преимущественно: а) больше мощности мерзлоты — под мерзлотой могут быть встречены не только локальные трещинно-жильные скопления, но и регионально-трещинные; б) меньше или равна мощности многолетней мерзлоты — под мерзлотой могут быть встречены только локальные трещинно-жильные воды, а в толще мерзлоты — в отдельных таликах; в) мерзлота имеет островной характер и, следовательно, на закономерности распространения подземных вод не оказывает существенного влияния.

Артезианские бассейны и своды, адартезианские бассейны, гидрогеологические массивы и адмассивы, вулканогенные супермассивы и супербассейны образуют определенные системы, более или менее объединенные общностью геологической истории формирования гидрогеологических условий. Такие системы называются гидрогеологическими областями. Среди них выделяются артезианские области, т. е. области господствующего распространения артезианских структур, и гидрогеологические складчатые области, т. е. области гидрогеологических массивов, адмассивов, супермассивов с подчиненными им межгорными и внутригорными бассейнами [4, 5].

Артезианские области обычно расположены в пределах платформенных плит (включая предгорные прогибы) и отделяются друг от друга или складчатыми областями, или крупными поднятиями фундамента, хотя и не выходящими на дневную поверхность, но образующими подземные водоразделы для смежных артезианских областей. Примером такого поднятия может служить Кустанайский вал, разделяющий Тургайскую впадину на две части и тем самым отделяющий Западно-Сибирскую артезианскую область от Арало-Каспийской. Причем, как артезианские, так и складчатые области в настоящее время уже следует подразделять на субаэральные, расположенные в пределах современной суши, и субаквальные, расположенные в пределах современных морских акваторий [1].

На карте выделено 98 артезианских бассейнов 1-го порядка. Они образуют 26 артезианских областей, из которых 9 (43 бассейна 1-го порядка) расположены на суше (субаэральные бассейны), а 17 (55 артезианских бассейнов) — в пределах акватории (субаквальные артезианские бассейны). На той же карте выделено 45 гидрогеологических складчатых областей, включающих 234 гидрогеологических массива 1-го порядка, в том числе три субаквальные гидрогеологические складчатые области.

Структуры, выделенные на карте, обозначены соответствующими индексами, отражающими их таксономию.

Заканчивая краткую характеристику принципов гидрогеологического районирования СССР, принятых авторами сборника, следует подчеркнуть, что гидрогеологические структуры и их типы, показанные на прилагаемой карте и описанные в отдельных статьях, существенно различны по геологической истории развития, характеру господствующих типов скоплений подземных вод, характеру ярусности, гидрогеологических разрезов, гидродинамической, гидротермической и гидротермической зональностей, а следовательно, различны по наличию подземных вод, пригодных для тех или иных нужд народного хозяйства, а также по методам поиска, разведке и освоению этого полезного ископаемого. Эти различия частично охарактеризованы в статьях, помещенных в сборнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басков Е. А. Основные типы гидрогеологических структур Мирового океана. — В кн.: Проблемы гидрогеол. картирования и районирования (тезисы докладов к совещанию). Л., 1971. с. 22—23.
2. Василевский М. М., Борсук Н. В., Ревунова К. А. Схема основного гидрогеологического районирования Азиатской части СССР. — «Сов. геология», 1939, № 7, с. 7—19.
3. Гидрогеологическая карта СССР в м-бе 1:7 500 000. Ред. И. К. Зайцев. — В кн.: Геологическое строение СССР, т. 5. М., «Недра», 1968.
4. Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Основы структурно-гидрогеологического районирования СССР. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1963, т. 101, с. 5—34.
5. Зайцев И. К. О принципах гидрогеологической стратификации. — В кн.: Проблемы гидрогеол. картирования и районирования (тезисы докладов к совещанию). Л., 1971, с. 45—55.
6. Каменский Г. Н., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР. М., Госгеолтехиздат, 1959, 365 с.
7. Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М., Изд-во МГУ, 1960, 342 с.
8. Терлецкий Б. К. Основные принципы гидрогеологического картирования. — В кн.: Водные богатства недр Земли. М., 1933, сб. 8, с. 7—18.

*М. Н. Авчинникова, С. В. Егоров, В. М. Морозов,
Г. И. Пустовалова, Н. И. Сырица*

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР, УРАЛА И КAVKAZA

В пределах Европейской части СССР расположены: Печорская (I), Восточно-Европейская (II), Черноморско-Каспийская (III) артезианские области и Балтийская (1), Тиманская (6), Уральская (7), Украинская (2), Карпатская (28), Крымская (29), Кавказская (30) гидрогеологические складчатые области*.

Печорская артезианская область (I) (см. карту) расположена на северо-востоке Европейской части СССР между Тиманской и Уральской гидрогеологическими складчатыми областями [4, т. 42]. В тектоническом отношении она представляет собой эпибайкальскую плиту, а в орографическом — низменность с преобладающими высотами 120—180 м над уровнем моря, и только гряды Чернова и Чернышева достигают максимальной высоты 220—273.

В пределах области расположены две крупные структуры: Печорская синеклиза и Предуральский краевой прогиб. Первая структура выделяется нами в качестве Печорского артезианского бассейна (I_1), а вторая — Предуральского артезианского бассейна (I_2). Нижний этаж (фундамент) обоих бассейнов сложен сильно дислоцированными и метаморфизованными породами верхнего протерозоя, к которым приурочены преимущественно трещинно-жильные воды. Верхний гидрогеологический этаж (чехол мощностью до 8 км) бассейнов подразделяется на три яруса. Нижний ярус сложен ордовикскими, силурийскими и девонскими преимущественно терригенными породами, в которых преобладают трещинно-пластовые воды. Выше по разрезу, начиная с фанера, в карбоне и перми преобладают карбонатные породы с подчиненными пластами терригенных и галогенных отложений, к которым приурочены трещинно-карстово-пластовые и трещинно-пластовые воды. Второй ярус сложен терригенными породами преимущественно триасового, меньше юрского и мелового возраста, к которым приурочены трещинно-порово-пластовые скопления подземных вод. Третий ярус чехла — это четвертичные отложения с порово-пластовыми скоплениями подземных вод.

Различия в геологическом строении позволяют подразделить рассматриваемые бассейны на ряд структур 3-го порядка. В пределах Печорского бассейна выделены Ижма-Печорский (I_1^1), Малоземельско-Печорский (I_1^2), и Большеземельский (I_1^3) артезианские бассейны; в пределах Предуральского — Верхне-Печорский артезианский бассейн (I_2^1), Усино-Коротайхинский артезианский бассейн (I_2^2) и адмассивы Чернова (I_2^4) и Чернышева (I_2^3). Для всех этих бассейнов характерна отчетливо выраженная гидрохимическая зональность, заключающаяся в последовательном увеличении минерализации и изменении химиче-

* Здесь и далее в скобках указаны номера структур, показанных на прилагаемой схематической карте: римские цифры — номера артезианских областей и артезианских бассейнов, арабские — номера гидрогеологических складчатых областей.

ского состава воды по мере углубления. Мощность зоны пресных вод (минерализация воды до 1 г/кг) колеблется от десятков до 300 м. На севере Печорского бассейна эта зона проморожена до глубины 100—150 м.

Глубже располагается зона вод с минерализацией 1—35 г/кг. Мощность ее от нескольких десятков до 600—1100 м. Соленые воды на глубине сменяются рассольными (минерализация больше 35 г/кг), образующими зону рассолов, которая занимает нижнюю часть гидрогеологического разреза мощностью до нескольких километров. Наиболее минерализованные воды (до 258 г/кг) встречены в Верхне-Печорском бассейне, где они связаны с мощными толщами соленосных отложений пермского возраста. В рассолах присутствуют бром (до 0,86 г/кг) и йод (до 46 мг/кг).

Другими гидрогеологическими условиями характеризуется Усино-Кортаихинской адартезианский бассейн. Он приурочен к одноименной крупной синклинальной структуре, сложенной сравнительно сильно метаморфизованными и дислоцированными породами палеозойского и триасового возраста мощностью до 6—8 км, к которым приурочены преимущественно пластово-трещинные воды. Эта структура вскрыта буровыми скважинами только до глубины 500—600 м, в пределах которой распространены пресные воды, образующие зону мощностью 100—400 м. На глубине они сменяются солеными водами с минерализацией до 17 г/кг.

Адмассивы Чернышева и Чернова приурочены к одноименным антиклинариям, расположенным в пределах Предуралья бассейна. Под четвертичными отложениями небольшой мощности залегают преимущественно известняки силура, девона и карбона, смятые в крупные складки. Крылья складок нарушены крупными тектоническими разломами. В этих структурах распространены пластово-трещинные, трещинно-карстовые и трещинно-жильные воды. Гидрохимический разрез изучен только до глубины около 300 м, в пределах которой распространены пресные воды. Однако на большей глубине и в этих структурах господствуют сильноминерализованные воды, на что указывает наличие трещинно-жильных источников, минерализация воды которых достигает 14 г/кг. В источниках Пымва-Шор содержится бром, стронций, радий, радон, что обуславливает большую бальнеологическую ценность этих вод.

Тиманская гидрогеологическая складчатая область (6) расположена на Северо-Востоке СССР, между Печорской и Восточно-Европейской артезианскими областями. Она представляет собой тектоническую гряду северо-западного простирания, которая состоит из ряда мегавалов, валов и депрессий, осложненных флексурами и разрывными нарушениями. Валы сложены платформенными формациями девона, карбона и нижней перми; на отдельных участках развиты силурийские и более древние отложения. В строении депрессий участвуют те же отложения, но к ним добавляются перекрывающие их верхнепермские красноцветные породы. В эродированных сводовых частях отдельных поднятий и валов выступает складчатый комплекс рифея. Крылья валов осложнены флексурами, сводовые части обычно плоские.

В Тиманской складчатой области выделяются два гидрогеологических яруса: нижний, сложенный сильно метаморфизованными и дислоцированными сланцами рифея, и верхний, сложенный менее метаморфизованными породами палеозоя. К первым приурочены преимущественно трещинно-жильные воды, ко вторым — пластово-трещинные и трещинно-жильные, местами трещинно-карстовые.

В соответствии с этим структуры, образованные нижним ярусом, отнесены нами к гидрогеологическим массивам (6₁) — Пайский, Чет-

ласский, Вымско-Кедвинский и др., — а верхний ярус образует адмассивы и адбассейны (6₂) — Тобысский, Верхневычегодский и др. Гидрогеологический разрез тех и других изучен слабо. Можно лишь отметить, что в верхней части разреза структур господствуют пресные воды, преимущественно гидрокарбонатные кальциевые. В районах же распространения гипсов и ангидритов имеются источники соленых сульфатных кальциевых и натриевых вод. С глубиной минерализация возрастает, появляются слаборассольные воды хлоридного натриевого состава.

Балтийская гидрогеологическая складчатая область (1) представляет собой щит Восточно-Европейской платформы, сложенный в основном кристаллическими и метаморфическими породами архейского и протерозойского возраста. На сильно размытой поверхности пород допалеозойского возраста залегают четвертичные отложения, представленные моренами различных стадий оледенения, межледниковыми и флювиогляциальными, озерными, аллювиальными и другими образованиями. Мощность покрова четвертичных отложений обычно не превышает нескольких десятков метров. На склонах долин и на возвышенностях древние породы выходят непосредственно на дневную поверхность.

В древних породах господствуют трещинно-жильные скопления подземных вод, в четвертичных — порово-пластовые [4, т. 28]. Наибольшей водообильностью обладают системы крупных тектонических трещин, особенно в местах их пересечения, и аллювиальные отложения.

В рассматриваемой области наблюдается ряд чередующихся синклинориев и антиклинориев, которые можно рассматривать как структуры 2-го порядка, существенно различные в гидрогеологическом отношении. Синклинории сложены преимущественно метаморфизованными вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами, антиклинории — преимущественно гранитами и гранито-гнейсами. В геоморфологическом отношении первые соответствуют грядобразно расчлененным возвышенностям и всхолмленным депрессиям или горным массивам, а вторые — денудационным равнинам и плоскогорьям. В соответствии с этим и водоносность этих структур существенно различна.

В синклинориях широко распространены трещинные, трещинно-жильные и пластово-трещинные подземные воды, тогда как в антиклинориях отчетливо преобладают трещинные воды зоны выветривания древних пород и порово-пластовые воды четвертичных отложений. В гидрохимическом отношении Балтийская гидрогеологическая складчатая область изучена еще слабо, особенно на глубину, хотя имеющиеся данные позволяют отметить, что в верхней части разреза (до глубины нескольких сот метров) в породах как четвертичного, так и дочетвертичного возраста господствуют гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,01—0,30 г/кг, редко до 0,8 г/кг. На отдельных участках побережий Баренцева и Белого морей, а также озер Онежского и Ладожского скважинами вскрыты воды с минерализацией 1,06—8,5 г/кг на глубинах 3,5—137,0 м. Они имеют хлоридный натриевый состав. Имеющиеся единичные данные позволяют предполагать, что на значительной глубине в древних породах имеются не только соленые, но и рассольные воды. Так, предварительные данные показывают, что в протерозойской толще пород одного из районов этой области до глубины 400 м минерализация подземных вод увеличивается от 0,5 до 4 г/кг, а глубже вскрыты хлоридные кальциево-натриевые воды с минерализацией до 60 г/кг. Причем в этих водах содержится бром (до 300 мг/кг) и стронций (до 800 мг/кг). В составе растворенных газов преобладает метан.

Эти отрывочные данные пока еще не позволяют говорить о каких-либо закономерностях распространения соленых и рассольных вод в древних породах Балтийской гидрогеологической складчатой области, но указывают на возможное наличие соответствующих гидрохимических зон на глубине, хотя, вероятно, и более сложной конфигурации, чем это установлено для артезианских бассейнов. Следует отметить, что среди пресных подземных вод описываемой области известны источники железистых и радоновых минеральных лечебных вод.

Восточно-Европейская артезианская область (II) охватывает большую часть Восточно-Европейской платформы. Фундамент плиты сложен метаморфическими и кристаллическими породами архея и протерозоя, а чехол — терригенными, карбонатными и местами галогенными породами палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста разной мощности — от нескольких сот метров на крупных сводовых поднятиях до 7—8 км в глубоких впадинах, но преимущественно до 3—4 км [4, тт. 1, 3, 30, 31, 32, 42].

В гидрогеологическом отношении область представляет собою сложную систему различных артезианских структур, сформировавшихся в течение длительной геологической истории плиты начиная от верхнего протерозоя и до наших дней [6]. Эти структуры можно объединить в следующие группы: 1) артезианские бассейны, приуроченные к синеклизам и впадинам (Прибалтийский, Московский, Северодвинский и Брестский); 2) артезианский бассейн, приуроченный к антеклизе в фундаменте с мощным чехлом осадочных отложений (Волго-Уральский); 3) артезианские бассейны, приуроченные к грабенообразным прогибам (Пачелмский, Припятский и Днепровско-Донецкий); 4) система адартезианских и артезианских бассейнов Донецкой складчатой области; 5) предгорные артезианские бассейны (Предуральский и Воыно-Подольский); 6) артезианские своды, приуроченные к антеклизам (Воронежский и Белорусско-Литовский).

Прибалтийский артезианский бассейн (II₁) приурочен на севере к склону Балтийского щита, на востоке — к Латвийской седловине; центральная и западная части его относятся к Балтийской синеклизе. По характеру гидрогеохимических особенностей бассейн подразделяется на три гидрогеологических района: Эстонско-Северолатвийский (II₁¹), Даугавский (II₁²) и Немано-Лиелупский (II₁³).

Эстонско-Северолатвийский район по характеру гидрогеологических особенностей делится на северную часть, приуроченную к ордовикско-силурийскому плато (II₁^{1a}), и южную, принадлежащую главному девонскому полю (II₁^{1b}). В пределах ордовикско-силурийского плато мощность осадочной толщи от 120 до 450 м. В основании разреза залегают песчаники, алевролиты и глины кембро-вендского комплекса, перекрытые преимущественно глинами, алевролитами и песками нижнекембрийского возраста и песками, песчаниками и алевролитами кембро-ордовика. Верхняя наиболее мощная часть разреза складывается карбонатными породами (известняки, доломиты, мергели с прослоями глин) ордовикского и силурийского возраста. Эта часть содержит основные ресурсы пресных вод трещинно-карстового типа. В основании разреза залегают трещинно-пластовые и порово-трещинно-пластовые воды, также пресные. Только в краевых частях района появляются соленоватые и соленые воды.

В южной части района (II₁^{1b}) на размытой поверхности нижнепалеозойских отложений лежат породы среднего девона, представленные прибрежно-морскими и континентальными песчаниками и алевролитами, которые выше сменяются лагунными и морскими осадками (доломиты, доломитизированные известняки, песчаники, мергели). Общая мощность девонских отложений до 360 м.

Гидрохимический разрез южной части района характеризуется наличием пресных вод в верхней части разреза, соленых вод и слабых рассолов в основании его. Минерализация рассолов на Локновском поднятии достигает 70 г/кг. В районах наличия в геологическом разрезе гипсоносных отложений в воде резко повышается количество сульфатов. На заболоченных участках, где имеются выходы сульфатных вод, формируются сероводородные воды (курорты Кемери, Балдоне). Мощность зоны пресных вод на севере района (Π_1^{1a}) 300—400 м, в южной части (Π_1^{1b}) до 200 м.

Даугавский гидрогеологический район (Π_1^2) приурочен к Латвийской седловине, где мощность осадочной толщи превышает 1000 м. В верхней части разреза под песчано-суглинистыми отложениями четвертичного возраста мощностью до 40 м залегает толща карбонатных отложений (доломиты, доломитовые мергели с прослоями глин и гипсы) верхнего девона мощностью до 90 м, подстилаемая терригенными отложениями (песчаники, пески и алевролиты с прослоями глин) верхнего и среднего девона мощностью около 300 м. В этих комплексах пород распространены в основном пресные воды гидрокарбонатного кальциевого и натриевого состава, переходящие глубже в солоноватые хлоридно-сульфатные кальциевые и натриевые воды. Описанная часть разреза подстилается выдержанной относительно водоупорной толщей (наровская свита) среднего девона (глинистые доломиты, глины, алевролиты с прослоями песков) мощностью 60—140 м.

Ниже по разрезу распространен донаровский водоносный комплекс пород девона мощностью около 180 м, содержащий солоноватые и соленые воды. Нижняя часть разреза складывается толщей водоупорных пород силура (глинистые доломиты и глины) мощностью до 80 м, под которой залегает водоносный комплекс силурийско-ордовикского возраста (переслаивание мергелей, известняков, реже аргиллитов). Комплекс содержит рассолы с минерализацией 70—80 г/кг. В основании разреза залегает комплекс кембрийских и верхнепротерозойских отложений, содержащий рассолы с минерализацией до 100 г/кг. В пределах района мощность зоны пресных вод до 250 м.

Немано-Лиелупский гидрогеологический район (Π_1^3) приурочен к Балтийской синеклизе, мощность осадочного чехла которой достигает 2,5 км. В северной части района под четвертичными отложениями залегают породы пермского и карбонового возраста сравнительно небольшой мощности. Основная часть разреза представлена терригенными и карбонатными отложениями девонского, силурийского, ордовикского, кембрийского и протерозойского возраста. Выделяются две водоупорные толщи среднедевонского и силурийско-ордовикского возраста. До первого водоупора (глубина до 300—350 м) распространены преимущественно пресные воды, которые глубже сменяются солоноватыми. Между первым и вторым водоупорами залегают солоноватые и соленые воды, а глубже второго водоупора распространены рассолы хлоридного натриевого состава с минерализацией до 140 г/кг.

В юго-западной части района верхняя часть разреза представлена морскими и континентальными отложениями мелового, юрского и триасового возраста мощностью до 500 м. Здесь распространены пресные воды до глубин около 200 м; местами солоноватые и соленые воды встречаются вблизи поверхности земли. Нижняя часть разреза подобна описанной выше, но характеризуется более высокой степенью минерализации воды. Так, между первым и вторым водоупорами распространены рассолы с минерализацией более 150 г/кг, с содержанием брома от 250 до 500 мг/кг и бора до 50 мг/кг. В основании разреза степень минерализации воды повышается.

Московский артезианский бассейн (Π_2) приурочен к двум крупным структурам — Московской синеклизе и южному склону Балтийского

щита. Эти структуры различны по характеру развития, возрастному и литолого-фациальному составу пород и условиям залегания, что определяет их гидрогеологические особенности. Поэтому в пределах бассейна выделяются два гидрогеологических района, приуроченных к названным структурам.

Гидрогеологический район склона Балтийского щита (Π_2^1) сложен отложениями карбонового, девонского, силурийского, ордовикского, кембрийского и протерозойского возраста. Наиболее древние породы выходят на поверхность в северной части района и погружаются под более молодые в юго-восточном направлении. Общая мощность чехла — от десятков метров на севере до нескольких сот метров на юге. Южная граница района проводится по зонам тектонических нарушений фундамента на границе склона щита и Московской синеклизы. Эти нарушения имеются и в чехле, что подтверждается наличием минеральных источников у г. Пскова, в долине р. Шелони, у г. Старая Русса, а также скрытыми очагами разгрузки соленых вод в оз. Ильмень, в долине р. Волхов и ряде других участков. Выход на поверхность всех водо-вмещающих пород, слагающих разрез, определяет благоприятные условия для питания водоносных комплексов. Анализ пьезометрических уровней водоносных комплексов показывает, что в пределах района движение подземных вод направлено не по падению водосодержащих пород, а в противоположную сторону — к Финскому заливу, Ладожскому и Онежскому озерам, а также к долинам крупных рек. Таким образом, в пределах района происходит питание и разгрузка водоносных горизонтов. Пресные подземные воды наиболее широко распространены в карбонатных закарстованных отложениях силура (на западе района) и карбона (на востоке района), где они прослеживаются до глубины 250 м и более. В терригенных отложениях девона центральной части района мощность зоны пресных вод сокращается до первых десятков метров. В северной части района пресные воды распространены по всему разрезу, в южной — в основании разреза соленые воды и слабые рассолы (до 70 г/кг).

Гидрогеологический район Московской синеклизы (Π_2^2) характеризуется мощностью чехла до 5000 м и более. Наиболее полный разрез наблюдается в центральной части синеклизы между городами Ярославлем и Вологдой, где он представлен терригенными и карбонатными породами от протерозойского до мелового возраста. Наличие гипса отмечено в красноцветных и карбонатных породах перми, верхнего и нижнего карбона и доломитах среднего девона.

Зона пресных вод имеет ограниченную мощность — первые десятки метров. Местами к зонам тектонических нарушений приурочены выходы соленых источников. Зона солоноватых и соленых вод распространена до глубин 200—300 м. Зона рассолов имеет мощность более 2500 м, а зона рассолов с минерализацией более 140 г/кг превышает 2000 м. В наиболее погруженных частях разреза, вскрытых скважинами, рассолы имеют минерализацию до 230—240 г/кг (пос. Любим) и содержат бром до 1,95 г/кг. В этой части разреза в отдельных районах установлены растворенные углеводородные газы до 20—30% (объемных), в которых содержится до 1% тяжелых углеводородов.

Северодвинский артезианский бассейн (Π_3) включает восточный склон Балтийского щита, Сухонскую седловину, Мезенскую синеклизу и Притиманский желоб. В его пределах выделяются четыре гидрогеологических района.

Обозерско-Кулойский район (Π_3^1) приурочен к восточному склону Балтийского щита. Разрез здесь представлен отложениями протерозоя, кембрия, девона и карбона. В южной части района мощность зоны пресных вод на водоразделах 150—180 м, в долинах рек она резко сокращается из-за поступления соленых вод по тектоническим трещинам.

В нижней части разреза распространены соленые воды, а в основании — рассолы. Аналогичный гидрогеологический разрез возможен и в пределах Кулойского плато. Существенно иной разрез наблюдается в центральной части района, в пределах Архангельского мегавала. Здесь поверхность фундамента поднимается в сторону Белого моря от глубины 840 м у г. Усть-Пинеги до 536 м в районе г. Архангельска. В центральной части структуры расположена долина р. Северной Двины, которая наследует дочетвертичную Усть-Двинскую впадину. Последняя выполняется четвертичными отложениями бореальной трансгрессии, в которых распространены соленые воды с минерализацией до 20 г/кг, содержащие йод до 20—25 мг/кг. Йодные воды распространены и в нижележащих отложениях карбона. В основании разреза осадочной толщи в отложениях кембрия и верхнего протерозоя распространены соленые воды в районе г. Архангельска и рассолы у г. Усть-Пинеги. В пределах описанной структуры имеется ряд минеральных источников, приуроченных к тектоническим трещинам.

Сухонский район (Π_3^2) приурочен к одноименной седловине, в пределах которой установлено поднятие фундамента, а в чехле выявлен ряд валов. В южной части района прослеживается Сухонско-Солигаличская зона дислокаций, в пределах которой по тектоническим нарушениям происходит разгрузка подземных вод нижней части разреза. Эта зона разделяет Московский и Северодвинский артезианские бассейны. Для района характерен следующий разрез: под четвертичными отложениями лежат терригенные породы верхней перми (пески, алевролиты, глины), подстилаемые карбонатными отложениями: известняками, мергелями и доломитами; нижнепермские — ангидриты, известняки и доломиты. В основании разреза залегают карбоновые отложения — известняки, доломиты, глины. Наличие в породах легкорастворимых солей (гипс, ангидрит) и тектонических нарушений в чехле определяет широкое распространение соленых вод в верхней части разреза. Мощность зоны пресных вод здесь от единиц до нескольких десятков метров. На отдельных участках пресные воды отсутствуют. В нижней части разреза распространены рассолы с минерализацией до 200 г/кг и более.

Мезенский гидрогеологический район (Π_3^3) приурочен к одноименной синеклизе. Поверхность района представляет собой повышенную равнину, разделенную широкими древними ложбинами стока, которые наследуются современными реками. Древние ложбины стока, в свою очередь, приурочены к зонам тектонических нарушений. Это определяет разгрузку подземных вод в современных долинах рек, что подтверждается наличием в них минеральных источников и широким распространением соленых вод в верхней части разреза не только в дочетвертичных, но и в аллювиальных отложениях. Подземные воды района изучены слабо. Только отдельными скважинами, расположенными по периферии района, вскрыт весь разрез осадочной толщи (города Котлас, Яренск, Койнас). Разрез чехла представлен преимущественно терригенными отложениями перми, карбона, девона, кембрия и верхнего протерозоя. Зона пресных вод не превышает 100 м; на ряде участков пресные воды отсутствуют. До глубин 400—450 м распространены солоноватые и соленые воды. Основная часть разреза заполнена рассолами с минерализацией более 200 г/кг и содержанием брома до 0,5 г/кг.

Предтима́нский район (Π_3^4) приурочен к одноименному прогибу (желобу). Мощность осадочной толщи достигает 4000 м. Гидрогеологические условия района на большей его части не изучены. В южной части его зона пресных вод прослеживается до глубины 100—150 м. Следует ожидать, что гидрогеологический разрез подобен разрезу Мезенского района.

Волго-Уральский артезианский бассейн (Π_7) расположен на востоке Русской платформы, в пределах Волго-Уральской антеклизы и Предуральского краевого прогиба. Разная история развития названных структур определила их существенно различные геолого-гидрогеологические условия, что послужило основанием для разделения Волго-Уральского артезианского бассейна на Волго-Камский (Π_7^1) и Предуральский (Π_7^2) бассейны 2-го порядка.

Волго-Камский артезианский бассейн приурочен к Волго-Уральской антеклизе. Фундамент бассейна сложен сильно дислоцированными кристаллическими и метаморфическими породами архей-нижнепротерозойского возраста. Он разбит глубинными разломами на блоки. В осадочном чехле приподнятым блокам фундамента соответствуют крупные своды, а опущенным — впадины [6].

Эти структуры служат основанием для разделения бассейна на гидрогеологические районы, отличающиеся друг от друга гидрохимическими разрезами: Сысольско-Котельнический (Π_7^{1a}), Вятско-Казанский (Π_7^{1b}), Вятско-Камский (Π_7^{1b}), Татарский (Π_7^{1r}), Верхнекамско-Бирский (Π_7^{1a}), Пермско-Башкирский (Π_7^{1e}), Токмовский (Π_7^{1k}), Мелекесский (Π_7^{1a}), Серноводско-Абдулинский (Π_7^{1u}), Жигулевско-Оренбургский (Π_7^{1k}), Бузулукский (Π_7^{1r}), Юго-Восточный (Π_7^{1a}). В общих чертах эти районы совпадают с контурами основных структур осадочного чехла бассейна. Их границами служат разломы фундамента и отсутствующие им в осадочном чехле линейные дислокации типа флексур.

Чехол всех названных районов сложен преимущественно породами верхнепротерозойского, девонского, каменноугольного и пермского возраста. Подчиненное значение имеют породы мезозойско-кайнозойского возраста. Породы чехла представлены преимущественно карбонатными, меньше терригенными, гипсоносными и соленосными отложениями общей мощностью от 800—1500 м в наиболее приподнятой западной части Волго-Камского артезианского бассейна до 4000—7000 м на южных и восточных окраинах его. Резкий рост мощности чехла обычно сопровождается возрастанием роли гипсов в разрезе и появлением мощных пачек соли в казанском и кунгурском ярусах перми.

Водопроницаемые породы многократно чередуются с водоупорными, что создает сложную систему водоносных горизонтов и комплексов пластовых скоплений подземных вод. Выделяется 11 сравнительно выдержанных водоносных комплексов и несколько водоупорных толщ [4, тт. 13, 15, 28]. Наиболее широкое региональное распространение имеют водоупорные толщи, сложенные галогенными и глинистыми породами казанского яруса верхней перми, а также породы кровли сакмаро-артинско-ассельского яруса нижней перми. Мощность каждой водоупорной толщи достигает 200 м и более.

Региональными водоупорами чехол бассейна разделен на два гидрогеологических яруса: верхний, в который входят все водоносные комплексы кайнозойских, мезозойских, большая часть разреза пермских, реже средне-верхнекамменноугольных отложений, в той или иной мере связанных с поверхностью земли, и нижний, включающий все более древние комплексы, которые в большинстве своем утратили связь с дневной поверхностью [2, 7].

Водоносные комплексы описываемого бассейна содержат преимущественно трещинно-пластовые, порово-трещинно-пластовые, трещинно-карстово-пластовые, реже порово-пластовые скопления подземных вод в известняках, доломитах, мергелях, ангидритах, песчаниках и других породах, представленных преимущественно морскими, прибрежно-континентальными и лагунными фациями, что обусловило большое разнообразие минерализации, химического и газового состава подземных вод бассейна [5]. В гидрохимическом разрезе бассейна выделяются

три гидрохимические зоны: пресных, соленых и рассольных вод с максимальной минерализацией до 350 г/кг. Для большинства районов бассейна характерен нормальный гидрохимический разрез, т. е. постепенное нарастание степени минерализации вод по мере увеличения глубины. Только в восточной половине Жигулевско-Оренбургского, в южной половине Юго-Восточного и в Бузулукском районах минерализация воды в верхней части разреза возрастает до 350 г/кг, а затем уменьшается до 270 г/кг в нижней части. Это обусловлено наличием соленосных фаций в казанском и кунгурском ярусах верхней и нижней перми.

Интенсивный подземный водообмен, способствующий выщелачиванию солевого комплекса пород, обуславливает формирование в зоне А пресных подземных вод преимущественно кислородно-азотного гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного и смешанного состава с общей минерализацией до 1 г/кг. Эти воды являются главным источником водоснабжения. В данном бассейне наиболее перспективны для этих целей водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным, неогеновым, палеогеновым, меловым, юрским, триасовым и пермским отложениям. Величина напора их от нескольких до 100 м. Расходы скважин от долей до 5—6 л/с, редко больше.

Условия замедленной циркуляции подземных вод, свойственные гидродинамической зоне затрудненного водообмена, с которой совпадает гидрохимическая зона Б, а также характер водовмещающих толщ, сильно обогащенных сульфатами, обуславливают развитие соленых вод с минерализацией от 1 до 35 г/кг и их в основном сероводородно-азотный сульфатный, хлоридно-сульфатный, а в низах зоны сульфатно-хлоридный и хлоридный состав. Воды этой зоны в большинстве своем обладают лечебными свойствами. Среди них в Волго-Камском бассейне распространены следующие основные типы минеральных лечебных вод: сероводородные сергиевские, азотные ижевские и железистые чапаевские.

В условиях весьма затрудненного водообмена, свойственного зоне В, сформировались в большинстве своем хлоридные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые, иногда хлоридные натриевые рассолы с метаново-азотным, азотно-метановым и метановым составом растворенного газа. Среди вод зоны В, которая занимает большую часть гидрохимического разреза бассейна, выделяются бромные, йодные, борные минеральные воды, в ряде случаев с высокими содержаниями стронция, лития, калия и др.

Предуральский артезианский бассейн (Π_7^2) расположен в пределах Предуральского краевого прогиба. В гидрогеологическом отношении он изучен весьма слабо. По геофизическим данным, он представляет собой ряд крупных сложно построенных синклиналий, вытянутых на сотни километров. Поперечными поднятиями прогиб разделен на три впадины, каждая из которых обладает индивидуальными чертами и особенностями развития. Эти впадины выделены в качестве гидрогеологических районов: Соликамского (Π_7^{2a}), Юрюзано-Сылвенского (Π_7^{2b}) и Бельского ($\Pi_7^{2в}$). Осадочный чехол Предуральского артезианского бассейна имеет мощность от 3500 м (Соликамский район) до 10 000 м и более (Бельский район).

Породы чехла разделяются на два комплекса: 1) породы, сформировавшиеся в процессе формирования прогиба (от верхнепермских до среднекаменноугольных отложений), и 2) породы, сформировавшиеся в платформенных условиях до возникновения прогиба. К последним относятся образования рифейского и палеозойского возраста до среднего карбона включительно. Этим объясняется мощное развитие в рассматриваемом бассейне пермских отложений и более глубокое, по срав-

нению с Волго-Камским бассейном, залегание нижнепермских отложений.

Водоносность пород Предуральского бассейна изучена крайне слабо. Вместе с тем известно, что водоупорными породами кунгурского возраста чехол Предуральского бассейна, так же как и чехол Волго-Камского бассейна, разделен на нижний и верхний ярусы. Для нижнего яруса характерны платформенные условия формирования водоносных комплексов, тогда как для верхнего — сложная фациальная изменчивость пород, что обуславливает столь же сложное чередование водоносных пластов и линз (известняки, доломиты, песчаники) с водоупорными породами (соленосные и глинисто-мергельные породы).

В рассматриваемом бассейне для водоснабжения используются пресные воды, приуроченные к водоносным породам четвертичного и верхнепермского возраста. Дебиты скважин до 3—4, чаще до 1 л/с. В зоне соленых вод широко развиты лечебные сероводородные воды красноусольского и ключинского типов. Рассолы обогащены промышленно-ценными химическими элементами, такими как бром, йод и др.

Пачелмский артезианский бассейн (Π_4) приурочен к Рязано-Саратовскому авлакогену (Пачелмскому прогибу). Основная часть разреза представлена породами протерозойского и палеозойского возраста, меньшая верхняя часть — мезозойско-кайнозойского. По характеру гидрогеологических условий верхней части разреза бассейн подразделяется на два района — Цнинский (Π_4^1) и Хоперско-Медведицкий (Π_4^2), граница между которыми проводится по водоразделу рек Цны и Хопра.

Геологический разрез Цнинского района начинается четвертичными отложениями мощностью до 40 м, которые подстилаются юрско-меловыми породами такой же мощности. Эти отложения представлены песками с прослоями глин и алевролитов. Ниже залегают карбонатные породы карбона и верхнего девона, подстилаемые терригенными отложениями верхнего и среднего девона. В прибортовых частях бассейна пресные воды распространены до глубин 200—250 м; в центральной части эти глубины сокращаются. Соленые воды прослеживаются до глубин порядка 500 м. Нижняя половина разреза заполнена рассолами с минерализацией до 190 г/кг и более.

Хоперско-Медведицкий район приурочен к южной части бассейна. Он характеризуется мощной толщей мезозойско-кайнозойских отложений мощностью до 500 м и более в районе саратовских дислокаций. Здесь они представлены глинами с прослоями песков, песчаников и алевролитов. В толще прослеживается несколько водоносных горизонтов низкой и умеренной водообильности. Ниже залегают терригенно-карбонатные отложения карбона мощностью 650—800 м. Последние подстилаются отложениями девона, представленными верхней карбонатной толщей мощностью 550—700 м и нижней терригенной толщей мощностью 150—200 м. В основании разреза находится сероцветная толща девонских отложений мощностью до 600 м. Мезозойско-кайнозойская толща характеризуется наличием пресных вод. В основании разреза они сменяются солоноватыми, минерализация которых на контакте с каменноугольными породами до 10 г/кг. В девонских отложениях распространены рассолы, минерализация которых на глубинах свыше 200 м до 190—200 г/кг и более. Они содержат бром до 1 г/кг и йод до 0,010 г/кг.

Припятско-Днепровско-Донецкая система артезианских и адартезианских бассейнов (Π_8) приурочена к глубокому прогибу (авлакогену), расположенному в южной части Восточно-Европейской артезианской области. Эта система подразделяется на артезианские и адартезианские бассейны: Припятский (Π_8^1), Днепровско-Донецкий (Π_8^2) и Донецкий (Π_8^3).

Припятский артезианский бассейн (II_8^1) в тектоническом отношении представляет собой грабенообразную впадину, фундамент которой образует ряд горстов и грабенов различного размера и глубины, вытянутых, как и вся впадина, в широтном направлении. Глубина до поверхности фундамента колеблется от десятков метров в ее краевых частях до 5000—6000 м в центральных областях ее погружения. Впадина выполнена терригенными, карбонатными и галогенными отложениями верхнепротерозойского, нижнекембрийского, девонского, каменноугольного, пермского и мезозойско-кайнозойского возраста. Причем мощные толщи галогенных отложений имеют верхнедевонский возраст.

В гидрогеологическом разрезе бассейна отмечаются три водоносных комплекса пород, содержащих порово- и трещинно-пластовые воды и разделенных региональными водоупорами — верхней и нижней соленосными толщами: надсолевой, залегающий выше верхней соленосной толщи, подсолевой, залегающий между верхней и нижней соленосными толщами, и подсолевой, находящийся под нижней соленосной толщей. В бассейне отчетливо проявляется гидрохимическая зональность. Глубина распространения пресных вод доходит до 300 м, соленых — до 500—600 м и рассолов — до фундамента. Соленые и рассольные воды содержат промышленные концентрации йода, брома и других элементов. Наиболее высоких концентраций достигают они в рассолах соленосных и межсоленосных отложений, в которых содержится (в г/кг): до 4,928 брома; до 0,172 йода; до 20,0 калия.

Днепроовско-Донецкий артезианский бассейн (II_8^2) расположен между Воронежским артезианским сводом и Украинской гидрогеологической складчатой областью. В тектоническом отношении этот бассейн представляет собой грабенообразный прогиб, в котором различают северный и южный борты и центральную часть. Бортовые части бассейна сложены в основном песчано-глинистыми и песчаными образованиями с подчиненными пластами карбонатных пород от каменноугольного до четвертичного возраста. Залегают они на докембрийском кристаллическом фундаменте. Мощность чехла увеличивается к осевой части бассейна от десятков до 2500 м на северном и до 1800 м на южном борту. Центральная часть бассейна является грабеном, фундамент которого имеет блоковое строение. Общий наклон его — на юго-восток; на севере и юге ограничен серией ступенчатых сбросов. Грабен выполнен преимущественно терригенными и карбонатными отложениями от верхнедевонского до современного возраста. Породы франского яруса верхнего девона и верхней части нижнепермских отложений представлены главным образом каменной солью. Общая мощность осадочных отложений увеличивается от 2750 м в районе Черниговского поднятия фундамента до 10 000—12 000 м в районе сочленения бассейна с Донецким адартезианским бассейном.

В гидрогеологическом разрезе бассейна выделяется ряд водоносных комплексов, содержащих порово- и порово-пластовые (Q—T), трещинно-карстово-пластовые (K_2), порово-трещинно-пластовые (P, C) и трещинно-пластовые (D) воды. Зоны пресных и соленых вод развиты повсеместно, тогда как зона рассолов — лишь в центральной части бассейна и в наиболее погруженных частях его крыльев. Глубина распространения зоны пресных вод 200—900 м, зоны соленых вод — 500—1200 м и зоны рассольных вод в большинстве случаев больше 1000 м. В соленых и рассольных водах установлено наличие брома и йода в промышленных концентрациях: брома до 1,9 г/кг (нижний карбон), йода 0,05—0,1 г/кг (верхний девон—нижний карбон).

В бассейне установлена и гидротермическая зональность. Подземные воды с температурой 20°С обычно распространены до глубины 200—500 м, 20—35°С — 560—900 м, 35—50°С — 1100—1400 м, 50—70°С — 1650—2200 м, 70—100°С — 2700—3100 м. Максимальная из замеренных

температур подземных вод, равная 103°C , отмечена на Волвенковской площади на глубине 2600 м.

Подземные воды бассейна используются преимущественно для водоснабжения и отчасти для лечебных целей. Для водоснабжения используются пресные подземные воды четвертичных, палеогеновых и верхнемеловых отложений, из которых скважины получают воды до $250\text{—}400\text{ м}^3/\text{сут}$ и больше. Для лечебных целей используются подземные воды бучакских отложений среднего палеогена, близкие по составу к курьинским водам, сероводородные хлоридные натриевые воды, по составу аналогичные водам феодосийского типа, встречаемые в отложениях бучакского яруса и в отложениях юры, и азотно-метановые хлоридные натриевые бромистые и бромные типа медвежьевских и старорусских минеральных вод, приуроченные к отложениям перми, карбона и девона.

Донецкая система адартезианских и артезианских бассейнов (Π_8^3) приурочена к сложной геологической структуре, состоящей из синклинальных и антиклинальных складок, вытянутых в запад-северо-западном направлении и усложненных тектоническими разломами. В ее пределах выделяются следующие адартезианские бассейны: на востоке — Донецкий (Π_8^{3a}), на северо-западе — Бахмутский (Π_8^{3b}), на юго-западе — Кальмиус-Торецкий (Π_8^{3v}) и на юге — Южный (Π_8^{3r}).

В геологическом строении Донецкой системы адартезианских и артезианских бассейнов принимают участие преимущественно терригенные и карбонатные породы от девонского до четвертичного возраста. Среди пермских и, вероятно, нижнекаменноугольных и девонских отложений развиты соленосные породы. В геологическом разрезе преобладают отложения карбона, мощность которых достигает $10\text{—}12\text{ км}$.

К толще пород бассейнов приурочены преимущественно порово-пластовые и трещинно-пластовые воды. Среди пород наиболее водообильны пески, песчаники и известняки понта, мэотиса, сармата, полтавского, харьковского и бучакского ярусов с дебитами скважин до $1000\text{ м}^3/\text{сут}$, мел и мергели с прослоями песков и песчаников верхнего мела с дебитами скважин до $3500\text{ м}^3/\text{сут}$, а также песчаники и известняки карбона с дебитами скважин до $2160\text{ м}^3/\text{сут}$.

Гидрохимическая зональность отдельных структур Донецкой системы адартезианских и артезианских бассейнов существенно различна, что объясняется особенностями их геологического строения, проточности и промывистости.

Зона пресных вод распространена на всей площади бассейнов в большинстве случаев до глубины 100 м. В пределах южной части бассейна в верхней части гидрогеологического разреза наряду с пресными встречаются и слабосоленоватые воды с минерализацией до 3 г/кг .

Зона соленых вод достигает максимальной мощности (1200 м) в Кальмиус-Торецком бассейне.

Зона рассольных вод установлена только по окраинам бассейнов. На северной и западной окраинах рассолы имеют минерализацию до 270 г/кг , в южной части системы бассейна (Шахтинский район) — до 70 г/кг , а южнее Шахтинского района — до 140 г/кг .

По химическому составу воды зон пресных и соленых вод гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные натриевые и кальциевые, зоны рассолов — хлоридные натриевые.

В геотермическом отношении Донецкая система адартезианских и артезианских бассейнов отличается от смежных платформенных областей более высокой температурой вод, нарастающей с глубиной. В верхней части разреза она колеблется от $8,5$ до $17,5^{\circ}\text{C}$, на глубине 1000 м доходит до $52,5^{\circ}\text{C}$, а на глубине 1500 м — до $71,3^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры отмечается на участках наибольшей угленасыщенности и в сводовых частях антиклиналей, а понижение — в синклинальных прогибах. В целом же по Донецкой системе бассейнов отмечается понижение темпе-

ратуры в направлении с запада на восток и от центральной части системы к Воронежскому массиву и Украинскому кристаллическому щиту. На территории Донецкой системы бассейнов установлено значительное количество источников лечебных минеральных вод: бромных, йодных, железистых, радоновых и др.

Воронежский артезианский свод (Π_6) приурочен к одноименной антеклизе. Фундамент свода сложен отложениями архея и среднего протерозоя и залегает в центральной части на отметках порядка —100 м абс. выс. На фундаменте северного и восточного крыльев свода залегают осадочные отложения девона, которые перекрываются каменноугольными породами. На южном крыле последние лежат на породах фундамента. В верхней части разреза распространены юрские, меловые и палеогеновые отложения.

В гидрогеологическом отношении эта структура в отличие от артезианских бассейнов имеет выпуклую (сводовобразную) форму. Для нее характерны восходящие движения не только в процессе своего развития, но и в настоящее время, в то время как смежные артезианские бассейны испытывают погружение. На границе свода с бассейнами имеются тектонические нарушения, по которым происходит разгрузка подземных вод. Для свода характерна интенсивность гидродинамических процессов в осадочном чехле и широкое распространение слабоминерализованных вод. От центра свода к периферии с увеличением глубины залегания наблюдается ослабление гидродинамических процессов и рост минерализации.

В пределах Воронежского артезианского свода выделяются три гидрогеологических района.

Северо-восточный гидрогеологический район приурочен к соответствующему склону антеклизы. Разрез представлен терригенными и карбонатными отложениями девонского и карбонового возраста. В южной части района пресные воды распространены по всему разрезу. С погружением пород к периферии района и появлением в них гипса воды становятся солоноватыми и в основании разреза краевой части района — солеными.

Юго-западный гидрогеологический район характеризуется широким распространением карбонатных отложений карбонового возраста в основании разреза, круто наклоненных в южном направлении. Они перекрываются толщей юрских и меловых пород (пески, мел, глины). В северной части района пресные воды распространены по всему разрезу осадочной толщи; на юге в основании разреза появляются солоноватые воды.

Юго-восточный гидрогеологический район приурочен к наиболее погруженной части фундамента. Здесь, в верхней части разреза распространена мощная толща мезозойских отложений, содержатся пресные воды. В основании разреза палеозойские отложения содержат соленые воды и рассолы.

Белорусско-Литовский артезианский свод (Π_5) приурочен к антеклизе одноименного названия. К этой структуре по сходству гидрогеологических условий отнесены Полесская и Жлобинская седловины, которые выделены в качестве гидрогеологических районов. Фундамент артезианского свода, представленный архейскими и протерозойскими породами, залегает на глубинах 200—600 м и более. В пределах описываемого свода выделяются четыре гидрогеологических района.

Вильнюс-Полотский гидрогеологический район (Π_5^1) сложен отложениями верхнего протерозоя, кембрия, ордовика, силура и девона. В наиболее приподнятой части фундамента зона пресных вод имеет мощность до 300 м и распространяется до водоупора, представленного ляминаритовыми и «синими» глинами кембрия. Под глинами распространены соленые воды с минерализацией до 50 г/кг.

Минско-Гродненский гидрогеологический район (Π_5^2) характеризуется распространением в чехле отложений верхнего протерозоя, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Подземные воды чехла преимущественно пресные, только в основании разреза появляются солоноватые и соленые воды.

Гидрогеологический район Полесской седловины (Π_5^4) приурочен к одноименной структуре, разделяющей Брестский и Припятский артезианские бассейны. Фундамент в пределах седловины лежит на отметках от -320 до $+120$ м абс. выс. и от смежных структур обособлен разломами. Осадочный чехол представлен в основании песчаниками верхнего протерозоя, которые перекрываются писчим мелом и мергелями верхне-мелового возраста, а выше — песками с прослоями глин палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Мощность осадочного чехла $200-500$ м. Вся осадочная толща содержит пресные воды; наиболее водообильны верхнепротерозойские отложения.

Гидрогеологический район Жлобинской седловины (Π_5^3) имеет фундамент на глубинах минус $450-750$ м абс. выс. Осадочный чехол представлен отложениями девона, юры, мела, палеогена и неогена. В верхней части разреза (меловые и более молодые отложения) распространены пресные воды, в основании разреза — рассолы. Наиболее водообильны карбонатные отложения мелового возраста.

Брестский артезианский бассейн (Π_9) расположен на западной окраине Русской платформы. Он занимает одноименную впадину, являющуюся окраинной Польско-Литовского прогиба. Впадина была заложена в рифее и полностью сформировалась в нижнем кембрии. Поверхность фундамента бассейна представляет собой ряд грабенных и горстов северо-восточного и северо-западного простирания с абсолютной высотой поверхности выступов до -400 м и впадин до -2000 м и ниже. Чехол бассейна сложен верхнепротерозойскими терригенными и вулканогенными образованиями, а также терригенными и карбонатными осадками кембрийского, ордовикского, силурийского, пермского и мезозойско-кайнозойского возраста. Максимальная мощность чехла в центральных частях впадины достигает 2000 м, а к окраинам уменьшается до десятков метров. Характерной особенностью бассейна является полное отсутствие в разрезе его чехла эвапоритовых фаций.

В осадочном чехле бассейна выделяется ряд водоносных комплексов, содержащих порово-пластовые, трещинно-пластовые и карстово-пластовые воды, и два региональных глинистых водоупорных горизонта триасового (40 м) и нижнекембрийского (180 м) возраста. Гидрохимическая зональность бассейна изучена недостаточно. По имеющимся данным, в нем отмечаются зона пресных и зона соленых вод.

Зона пресных гидрокарбонатных натриевых вод прослеживается до глубины 1260 м. Ниже, вплоть до фундамента, следует зона соленых хлоридных натриевых вод с максимальной минерализацией до $11,74$ г/кг. Водообильность пород незначительная; отдельные скважины дают воды до $0,7$ л/сек. О микрокомпонентном составе подземных вод сведений не имеется.

Волыно-Подольский артезианский бассейн (Π_{10}) занимает юго-западную окраину Русской платформы. Северо-западная часть его располагается на территории Польши, юго-восточная — на территории Румынии. В пределах территории СССР бассейн разделяется на три района: восточный, соответствующий западному склону Украинского кристаллического щита, западный, занимающий Волыно-Подольское плато с Львовским палеозойским прогибом, и юго-западный, расположенный в пределах Внешней зоны Предкарпатского прогиба.

В геологическом строении бассейна участвуют верхнепротерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские терригенные, карбонатные и сульфатные отложения, образующие платформенный чехол, зале-

гающий на докембрийском кристаллическом фундаменте. Гипсы и ангидриты встречаются среди терригенных и карбонатных пород девона, верхней юры и миоцена. Мощность пород чехла увеличивается в направлении с востока на запад и север-северо-запад до 7000 м.

В гидрогеологическом разрезе бассейна отмечается ряд водоносных комплексов, содержащих порово-пластовые, порово-трещинно-пластовые, трещинно-пластовые, карстово-пластовые и трещинно-карстово-пластовые воды. В гидрохимическом разрезе бассейна выделяются три зоны пресных, соленых и рассольных вод.

Зона пресных вод прослеживается на глубину до 500 м, соленых — до 500—1600 м и рассолов — до фундамента. Из микрокомпонентов в подземных водах в промышленных концентрациях встречаются бром (до 1,301 г/кг) и йод (до 0,075 г/кг). Наибольшие количества микрокомпонентов встречаются в пределах Львовской палеозойской мульды и северо-западной части Внешней зоны Предкарпатского прогиба. Подземные воды с температурой 20°С распространены на глубине от 400 до 1400 м, 35°С — от 800 до 1900 м, 50°С — от 1150 до 2050 м и 70°С — от 1500 до 3000 м.

В пределах бассейна имеются минеральные лечебные воды: азотные и метановые холодные московского и ижевского типов, термальные чартакского типа, сероводородные мшанецкого, городокского, феоодсийского и ейского типов и кислородно-азотные железистые липецкого типа. В настоящее время для лечебных целей используются лишь сероводородные воды на курортах Немиров, Любен-Великий, Шкло и др.

Украинская гидрогеологическая складчатая область (2) расположена на юге Русской платформы и представляет собой выход на поверхность докембрийского кристаллического фундамента. Почти на всей площади она покрыта горизонтально залегающими терригенными и карбонатными породами кайнозойского возраста мощностью 5—50 м, и только в западной, юго-восточной частях и в долинах рек кристаллические породы выходят на поверхность. В отдельных впадинах (Конкско-Ялынской, Болтышской и Ротмистровской) под кайнозойскими отложениями залегают меловые мощностью 180—300 м, представленные глинами, песками, мергелями и мелом. Таким образом, на большей части области преобладают трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод.

Породы, слагающие складчатую область, характеризуются различной водообильностью. Кристаллические породы водоносны в большинстве случаев до глубины 70 м. Скважины из них дают воды от 3 до 240 м³/сут, притоки в рудниках доходят до 5300 м³/сут. Скважины из кайнозойских отложений дают воды от нескольких до 1000 м³/сут и более.

В гидрохимическом разрезе Украинской гидрогеологической складчатой области повсеместно распространена зона пресных вод А, прослеживаемая до глубины 70—100 м. В юго-восточной и южной частях области, покрытых почти сплошным чехлом осадочных образований, мощность зоны пресных вод уменьшается, и ниже ее появляется зона соленых вод Б с минерализацией воды до 3—10 г/кг. Рассолы (зона В) не имеют площадного распространения и встречены пока только в отдельных шахтах Кривого Рога, в которых минерализация воды на глубине 300—500 м достигает 200 г/кг. Здесь установлены бром (до 0,23 г/кг), йод (до 0,001 г/кг) и бор (В₂О₃ до 0,006 г/кг).

Промышленные воды в пределах гидрогеологического массива не обнаружены, но зато широко распространены минеральные лечебные радоновые и радий-радоновые воды знаменского типа, в ряде районов используемые для лечебных целей.

Черноморско-Каспийская артезианская область (III) расположена на юге Европейской части СССР и включает следующие тектонические структуры: Причерноморскую впадину, Скифскую платформу и ряд глубоких передовых прогибов, расположенных между платформой и Кав-

казской складчатой областью. С учетом гидрогеологических особенностей названных тектонических структур в пределах описываемой области выделены Причерноморский, Азово-Кубанский и Терско-Каспийский артезианские бассейны.

Причерноморский бассейн (III_1) занимает одноименную впадину, образовавшуюся в районе сочленения Русской и Скифской платформ. Формирование ее началось в позднем палеозое — раннем мезозое и закончилось в юре. С учетом тектонической структуры бассейн подразделяется на следующие бассейны 2-го порядка: северный склон (III_1^1), приуроченный к южной части Русской платформы, центральная часть (III_1^2), расположенная в зоне условного сочленения Русской и Скифской платформ, и южный склон (III_1^3), занимающий западную часть Скифской платформы. В свою очередь центральная часть Причерноморского бассейна подразделяется на Преддобруджский (III_1^{2a}) и Каркинитско-Сивашский (III_1^{2b}) гидрогеологические районы, а южный склон — на Тарханкутско-Новоселовско-Симферопольский гидрогеологический район (III_1^{3a}) и Альминский артезианский бассейн (III_1^{3b}).

Наибольшая часть южного склона Причерноморского бассейна находится под уровнем моря. Максимальная глубина залегания фундамента в западной (Молдавия) и восточной (Приазовье) частях бассейна около 2000 м, в осевой (Сиваши) — более 5000 м. В геологическом строении бассейна принимают участие кембрийские, силурийские, пермские, мезозойские и кайнозойские терригенные и карбонатные отложения. В Преддобруджском прогибе (Молдавия) в пермских и юрских отложениях встречаются также прослои ангидритов и гипсов.

В северной и центральной частях Причерноморского бассейна распространены водоносные комплексы порово-пластовых, порово-трещинно-пластовых, трещинно-пластовых и трещинно-карстово-пластовых подземных вод. Водоупорные толщи среди них отсутствуют. В пределах южного склона бассейна (Степной Крым) в разрезе чехла имеются два водоносных комплекса, содержащих порово-пластовые и трещинно-пластовые воды. Они разделены регионально выдержанной водоупорной толщей майкопских глин. Верхний комплекс приурочен к четвертичным и неогеновым отложениям, его мощность 500—700 м; нижний — к палеогеновым, меловым и юрским, его мощность от 3000 м и более. В гидрохимическом разрезе бассейна выделяются зоны пресных, соленых и рассольных вод. Глубина распространения зоны пресных вод различная — от 20 до 350 м. Нередко в ее пределах встречаются соленоватые воды, что объясняется слабой проницаемостью пород и процессами континентального засоления. Зона соленых вод простирается в западной части бассейна на глубину до 400—1000 м, в Сивашах — до 1500 м и в Степном Крыму — более 2000 м. Глубже соленых вод в отдельных районах отмечены рассольные воды разной минерализации: в районе севернее Сивашей и в северной части Степного Крыма до 70 г/кг, а в центральной части Преддобруджского прогиба до 140—270 г/кг. Соленые и рассольные воды содержат йод (0,015—0,146 г/кг), бром (до 0,280 г/кг) и др.

Температура подземных вод увеличивается с глубиной и от краевых частей бассейна к осевой. На северном склоне и в центральной части бассейна на глубине 2500 м она не превышает 70°С, в Степном Крыму на глубине 3200 м — 125°С. Подземные воды бассейна в ряде пунктов являются минеральными лечебными. Установлены азотные и метановые термы сакского, евпаторийского и чартаковского типов, сероводородные воды псекупского типа, углекислые воды нарзанского, железноводского, боржомского типов и радоновые воды новоукраинского типа. Воды четвертичных неогеновых, палеогеновых и частично меловых отложений широко используются для водоснабжения.

Азово-Кубанский артезианский бассейн (III_2) приурочен к одноименной впадине, образованной юго-западным крылом Скифской плат-

формы и примыкающими к ней с юга передовыми прогибами. К бассейну относится также западная приводораздельная часть Ставропольского поднятия. На большей части бассейна фундамент представлен преимущественно терригенными малометаморфизованными породами палеозойского возраста и лишь на северо-западе его (Азовский выступ) появляются кристаллические породы докембрия. С учетом тектонической структуры в пределах бассейна выделены следующие районы (или бассейны 2-го порядка): Индоло-Кубанский (III_2^1), Кубанский (III_2^2) и Восточно-Кубанский (III_2^3), которые подразделяются на несколько подрайонов. В строении чехла всего бассейна участвуют песчано-глинистые, карбонатные, иногда флишеидные образования мезокайнозойского возраста мощностью до 3—4 км на Скифской платформе и 10 км в зоне передовых прогибов. В чехле бассейна выделяются следующие водоносные комплексы: допалеозойский, палеозойский, пермо-триасовый, юрский, нижнемеловой, верхнемеловой, палеогеновый, миоценовый и палеоцен-четвертичный. Комплексы разделены относительно водоупорными прослоями, среди которых наиболее выдержанным и мощным (больше 1 км) являются глины майкопской свиты, делящие чехол бассейна на два гидродинамических этажа.

В водоносных горизонтах верхнего этажа в пределах платформенного склона бассейна господствует инфильтрационный водообмен. Современный гидродинамический режим нижнего этажа обусловлен движением подземных вод из глубоких частей бассейна к бортам (элизионный режим).

В разрезе бассейна установлены зоны пресных, соленых и рассольных вод, мощность и положение которых определяются структурно-тектоническими и литолого-фациальными условиями. Для большей части бассейна характерен нормальный гидрохимический разрез — АБВ. В краевых частях бассейна разрез заканчивается солеными водами, а в центральных появляются и рассольные с максимальной минерализацией до 70 г/кг, и разрез приобретает тип АБВ₇₀ (Западно-Кубанский — III_2^{16} , Ейско-Березанский — III_2^{2a} , Крпоткинский — III_2^{25} , Восточно-Кубанский — III_2^3). На отдельных участках Восточно-Кубанского района, где в разрезе обнаружены галогенные образования юрского возраста, развиты крепкие рассолы и разрез имеет следующий характер: АБВ₃₅₀В₁₄₀. Особым типом гидрохимического разреза характеризуется Тимашевский подрайон — III_2^{2b} (АБ₃₅В₇₀Б₃₅В₇₀), где на глубине больше 4000 м в верхнемеловых отложениях вскрыты соленые воды с минерализацией до 35 г/кг, в составе газов которых в заметных количествах присутствует CO_2 . В гидрохимическом разрезе Крпоткинского подрайона (АБВ₇₀Б₃₅В₁₀) опреснение наблюдается в юрских отложениях, вскрытых на больших глубинах. Большая часть бассейна характеризуется температурами свыше 100°С, максимальная известная температура 170°С на глубине 4200 м. Пресные подземные воды бассейна на значительной территории служат основным источником городского и сельского водоснабжения, особенно воды четвертичных и плиоценовых отложений. Соленые и рассольные воды неогеновых, палеогеновых и меловых отложений содержат промышленные концентрации йода, брома, бора и других элементов. Они могут быть использованы и для теплофикации благодаря высоким температурам и сравнительно низкой минерализации.

Терско-Каспийский артезианский бассейн (III_3) приурочен к Терско-Каспийской впадине [4, т. 9], образованной юго-восточным крылом Скифской платформы и примыкающими к нему с юга молодыми наложенными прогибами Терско-Дагестанским и Кусарским. К бассейну относится также Минераловодское поднятие, восточная приводораздельная часть Ставропольского свода, система Манычских впадин и вал Карпинского. На востоке бассейн погружается под уровень Каспийского моря. Водоносность бассейна связана с терригенными и терригенно-кар-

бонатными отложениями мезокайнозой, мощность которых достигает 4 км на платформе и более в пределах предгорных прогибов. В разрезе бассейна выделяются водоносные комплексы, имеющие в той или иной степени региональное распространение, палеозойского, пермо-триасового, юрского, нижнемелового, верхнемелового, палеоцен-эоценового, миоценового и плиоцен-четвертичного возраста. Помимо мощного глинистого водоупора майкопской свиты, отложения которой отсутствуют лишь на отдельных участках вала Карпинского, в разрезе прослеживаются и другие менее мощные водоупорные прослои.

Гидродинамические условия артезианского бассейна отличаются большим разнообразием. Выделенные в разрезе чехла два гидродинамических этажа (надмайкопский и подмайкопский) имеют различный гидродинамический режим. В верхнем ярусе движение подземных вод происходит под действием гидростатических сил с отчетливо выраженными областями питания и разгрузки. В нижнем ярусе падение пьезометров прослеживается от районов наибольшего погружения (Притеречная зона) к бортовым частям бассейна. Для нижнего этажа характерно широкое проявление зон аномально-высоких пластовых давлений. В разрезе бассейна установлены три гидрохимические зоны — А, Б и В, мощность и положение каждой из которых меняется в разных районах бассейна и определяется рядом факторов. В пределах изученной части разреза бассейна нормальный гидрохимический разрез типа АВ установлен на юге Ставропольского района, АВВ₇₀ — на севере Ставрополя (III₃³) и на большей части Терско-Кумского района (III₃²). В районах, где развиты галогенные верхнеюрские образования (Чернолесская впадина и прилегающие к ней с востока территории Притеречного района), гидрохимический разрез имеет вид АВВ_{>350}В₁₄₀. Район Прикумского поднятия (III₃^{2a}) характеризуется разрезом типа АВВ₁₄₀В₇₀. Наблюдаемое в низах его опреснение вод связано с терригенными породами пермо-триаса. В малоизученном разрезе Притеречного района (АВВ₇₀Б₃₅В₁₄₀) опреснение прослеживается в продуктивной толще чокрака. Для района Минераловодского поднятия (III₃⁴), сильно нарушенного тектоническими разломами, характерны гидрохимические разрезы типа АБ₃Б₃₅ и АБ₃Б₃₅Б₁₀.

Подземные воды бассейна характеризуются высокими температурами — до 190°С на глубинах 2500—3000 м. Пресные воды бассейна, особенно четвертичных и верхнемеловых отложений, широко используются для водоснабжения, соленые и рассольные содержат промышленные концентрации йода, брома, бора и других промышленно-ценных химических элементов. Термальные воды могут быть использованы для теплофикации. Южные районы бассейна богаты разнообразными лечебными водами типа нарзана, эссентуки, пятигорского, железноводского, талгинского, баталинского и других типов, которые уже широко используются для лечебных целей.

Восточно-Карпатская складчатая область (28) сложена разнообразными породами от палеозойского до четвертичного возраста. Среди них преобладают меловые, палеогеновые и неогеновые флишевые, молассовые и соленосные породы. Палеозойские и нижнемезозойские интрузивные, метаморфические и сильно метаморфизованные осадочные, а также плиоценовые вулканогенные породы имеют ограниченное распространение.

По геолого-структурным особенностям в пределах Карпат выделяются: Внутренняя зона Предкарпатского прогиба, собственно Карпаты и Закарпатский внутренний прогиб, а в последнем — Чоп-Мукачевская и Солотвинская межгорные впадины, разделенные Выгорлат-Гутинским вулканическим плато.

Во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба и в Карпатах меловые, палеогеновые и неогеновые породы смяты в узкие линейные складки северо-западного простирания, разбиты разломами, опрокинуты на

северо-восток и неоднократно надвинуты друг на друга. Перемещение надвигов в горизонтальном направлении местами достигает до 40 км. В Закарпатском межгорном прогибе, выполненном отложениями палеогена и неогена, породы залегают горизонтально и только в местах проявления соляной тектоники слабо дислоцированы.

В гидрогеологическом отношении Карпаты представляют собой сложную систему гидрогеологических структур, состоящую из массивов, адмассивов, супермассивов и межгорных артезианских бассейнов, которые подразделяются на ряд районов, показанных на карте. Гидрогеологические массивы имеют ограниченное распространение. Они расположены только в юго-восточной части Карпат, где образуют небольшие по площади массивы Раховский, Чивчинский и другие, сложенные мезозойско-палеозойскими интрузивными, метаморфическими и метаморфизованными породами. Массивы характеризуются слабой водообильностью пород, редко превышающей 0,1 л/с, слабой минерализацией (до 0,5 г/кг) и гидрокарбонатным кальциевым составом воды.

Гидрогеологические адмассивы, образующие Внутреннюю зону Предкарпатского прогиба и Горные Карпаты, имеют двухэтажное строение. Нижний структурно-гидрогеологический этаж, сложенный породами, аналогичными породам гидрогеологических массивов, залегает на глубине более 7 км и в гидрогеологическом отношении не изучен. Верхний этаж сложен слабо метаморфизованными меловыми, палеогеновыми и неогеновыми породами, содержащими порово-трещинно-пластовые и трещинно-жильные воды. Водообильность пород в большинстве случаев слабая, минерализация воды различная — от долей до 100 г/кг и более в зависимости от состава пород, условий рельефа и глубины залегания подземных вод. Состав воды изменяется от гидрокарбонатного кальциевого до хлоридного натриевого.

Супермассив (Выгорлат-Гутинский), расположенный в Закарпатском внутреннем прогибе, представляет собой структуру трехэтажного строения. Нижний структурно-гидрогеологический этаж сложен палеозойскими и нижнемезозойскими интрузивными породами фундамента, средний — меловыми, палеогеновыми и неогеновыми осадочными отложениями и верхний — лавами, базальтами и туфогенными породами. Верхний этаж характеризуется покрово-трещинным и покрово-трещинно-поровым скоплениями подземных вод, высокой водообильностью пород и низкой минерализацией воды (до 1 г/кг). Средний и нижний этажи супермассива в гидрогеологическом отношении точно такие же, как и описанные выше структурно-гидрогеологические этажи адмассивов. Межгорные артезианские бассейны Чоп-Мукачевский и Солотвинский, занимающие Закарпатский внутренний прогиб, имеют двухэтажное строение. Верхний структурно-гидрогеологический этаж (чехол бассейнов) сложен отложениями палеогена и неогена, мощность которых более 4000 м. Отложения чехла содержат порово-пластовые, порово-трещинно-пластовые и трещинно-пластовые скопления подземных вод. Водообильность их различная, но в целом низкая; дебит скважин редко превышает 0,1—0,2 л/с. Минерализация и состав воды непостоянны и изменяются в зависимости от состава пород и глубины залегания.

Мощность зоны пресных вод во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба и в горной части Карпат колеблется от 10 до 100 м, в Чоп-Мукачевском и Солотвинском межгорных артезианских бассейнах — в пределах 20—30 м и уменьшается до нуля в районе распространения соляных куполов.

Мощность зоны соленых вод во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба от 20 до 350 м, в Чоп-Мукачевском артезианском бассейне от 200 до 1500 м и в Солотвинском артезианском бассейне не превышает 250 м. Ниже зоны соленых вод располагается зона рассолов.

В горной части Карпат, имеющей сложное геологическое строение и гидрогеологические условия, последовательность смены гидрохимических зон не улавливается, и поэтому в этом регионе выделяется гидрохимическая зона пестрых вод, в которой до глубин базиса эрозии минерализация подземных вод изменяется от 1 до 70 г/кг. Температуры подземных вод в Карпатах весьма разнообразны. Во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба глубина подземных вод с температурой 20°С достигает 650 м, 35°С — 1100 м, 50°С — 1650 м, 70°С — 2600 м. В горной части Карпат температура подземных вод на глубине до 250 м не превышает 18°С, в закарпатских межгорных артезианских бассейнах на глубине 2360 м достигает 127°С, а в пределах Выгорлат-Гутинского супермассива на глубине 1950 м — 108°С.

В подземных водах межгорных артезианских бассейнов зарегистрированы промышленные концентрации брома (до 1,2 г/кг), йода (0,03—0,125 г/кг) и других промышленно-ценных элементов. Карпатская область богата минеральными лечебными водами, разнообразными по минерализации, микрокомпонентному и газовому составу. Здесь имеются азотно-метановые холодные и термальные, сероводородные и углекислые воды различных типов. Для водоснабжения подземные воды области используются мало вследствие слабой водоносности пород.

Крымская гидрогеологическая складчатая область (29) представляет собой мегантиклинорий, у которого южное крыло и часть ядра погружены под уровень Черного моря. Она сложена терригенными и карбонатными породами от верхнетриасового до четвертичного возраста мощностью до нескольких километров, смятыми в складки и разбитыми разломами. В результате этого образовалась сложная система адмассивов и межгорных артезианских бассейнов. Водообильность терригенных пород характеризуется дебитами скважин порядка 0,1—0,3 л/с, карбонатных — до нескольких литров в секунду. Гидрохимическая зональность области изучена слабо. Зона пресных вод с минерализацией до 1 г/кг распространена в верхней части складчатого сооружения на глубину вреза речных долин; зоны соленых и рассольных вод с минерализацией до 48,3 г/кг развиты ниже зоны пресных вод и установлены только в отдельных местах. По составу пресные воды — гидрокарбонатные кальциевые, соленые и рассольные — хлоридные натриевые. Геотермические условия и микрокомпонентный состав подземных вод не изучены. Из минеральных лечебных вод известны холодные и термальные азотно-метановые воды московского и абаканского типов и сероводородные воды гориджваринского и феодосийского типов.

Кавказская сложная гидрогеологическая складчатая область (30) — это сложно построенная система складчатых сооружений, в геологическом строении которых принимает участие комплекс разнообразных пород от докембрийского до четвертичного возраста. Кристаллические и сильно метаморфизованные породы докембрия и палеозоя выходят на поверхность в осевой части Большого Кавказа, слагают Дзирульский, Храмский и ряд других массивов на юге Армении [3, 8]. Юрские отложения в фациях от глубоководных морских до континентальных и вулканогенных широко развиты на Большом и Малом Кавказе, а также вскрыты в Закавказской депрессии. Вулканогенно-осадочные и осадочные, часто флишеидные породы мела слагают склоны Большого и Малого Кавказа, выполняют внутренние синклиналильные прогибы Малого Кавказа, а также вскрыты в депрессионных зонах. Кайнозойские образования, среди которых большую часть разреза составляют молассовые толщи палеоген-неогена, развиты в Закавказской и Приараксинской депрессиях. Среди кайнозойских образований широко развит комплекс эффузивных пород, перекрывающий древний эрозионно-тектонический рельеф на больших площадях Малого Кавказа.

В тектонической структуре Кавказа выделяются следующие структурно-тектонические зоны [8]: внешний мегантиклинорий Большого Кавказа, Закавказские межгорные прогибы (Куринский и Рионский), разделенные Дзирульским поднятием, внутренний мегантиклинорий Малого Кавказа и Араксинский межгорный прогиб. Каждая из этих зон подразделяется на более мелкие структурные единицы с многоярусным строением. Особенности геолого-тектонического строения, разная степень метаморфизации горных пород и различный характер их обводнения позволили выделить на территории Кавказа следующие основные типы гидрогеологических структур: гидрогеологические массивы и адмассивы, артезианские и адартезианские бассейны и различного рода суперструктуры.

Гидрогеологические массивы сложены кристаллическими и сильно метаморфизованными породами докембрия — палеозоя. Они приурочены к положительным формам рельефа и характеризуются преобладающим распространением трещинно-жильных вод. Водоносность их незначительна, дебиты источников составляют 0,001—0,5 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,1—0,5 г/кг гидрокарбонатного, на участках сульфидного оруденения — сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого, кальциево-магниевого, кальциево-натриевого состава, холодные (температура воды в гидрогеологических массивах Большого Кавказа 4—15°С, Малого Кавказа 12—20°С). Изменение минерализации и температуры воды в рассматриваемых структурах происходит в соответствии с изменением гипсометрических высот их. В тех гидрогеологических массивах, где широко проявлены поствулканические процессы (Большекавказский), гидрохимический разрез по площади и разрезу представлен зоной пестрых по минерализации вод с максимальной величиной ее до 2 г/кг.

Иной характер имеют воды зон тектонических разломов. Их минерализация в массивах Большого Кавказа изменяется от первых сотен мг/кг до 3 г/кг, на Малом Кавказе — до 7 г/кг. По составу они гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, натриевые, магниевые с повышенными концентрациями элементов рудной минерализации. Воды субтермальные с температурой до 25°С.

Адартезианские бассейны и гидрогеологические адмассивы на Кавказе сложены слабо метаморфизованными вулканогенно-осадочными, карбонатными или терригенными, часто флишеидными породами верхнепалеозойского — палеогенового возраста, которые содержат пластово-трещинные, трещинно-карстовые, трещинно-пластовые, реже трещинно-жильные подземные воды. В зоне регионального обводнения пород в названных структурах прослеживаются две гидродинамические зоны: свободного и затрудненного водообмена. Для первой характерны пресные или слабосоленые азотно-кислородные, иногда углекислые воды гидрохимической зоны А. Зоне затрудненного водообмена отвечают соленые (зона Б) и рассольные (зона В) воды различного химического состава. Особенность этих структур заключается в том, что в результате сильной трещиноватости пород в зоне пресных вод (свободного водообмена) проявляются соленые воды, формирующиеся в нижележащей гидродинамической зоне (затрудненного водообмена) и поднимающиеся по тектоническим разломам. Поэтому в данном типе структур провести границу между различными гидрохимическими зонами не представляется возможным и разрез может быть охарактеризован лишь развитием вод пестрой минерализации и пестрого состава (гидрохимическая зона Д). В рассматриваемых структурах выделяются две разновидности разломов: а) внутриформационные и б) глубинные. Разломы первого типа, заложённые в пределах рассматриваемого гидрогеологического яруса, выводят на поверхность подземные воды, свойственные низам данного яруса. Как правило, эти воды отличаются от вод регионального развития

лишь более высокой минерализацией. Разломы более глубокого заложения, уходящие корнями, возможно, к кристаллическим породам фундамента, могут выводить на поверхность воды нижних ярусов, а может быть, и нижнего этажа, которые значительно отличаются от вод регионального развития как по химическому составу, так и по температуре.

В адартезианских бассейнах и гидрогеологических адмассивах, сложенных с поверхности породами нижней — средней юры (Окрибский — 30_4^2 и Абхазско-Рачинский — 30_1^3 адмассивы, Малкинская — 30_1^2 , Сомхето-Карабахская — 30_2^1 , Восточно-Кавказская — 30_1^6 системы и др.), в зоне свободного водообмена развиты холодные ($4-15^\circ\text{C}$) пресные и слабоминерализованные гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые, иногда сульфатные кальциевые воды с элементами рудной минерализации. Регионально развитые трещинно-пластовые и пластово-трещинные воды, формирующиеся ниже базиса эрозии, при преимущественно гидрокарбонатном, гидрокарбонатно-хлоридном, хлоридном кальциево-натриевом, натриевом составе имеют минерализацию до $3-5$ г/кг на Малом Кавказе и $10-35$ г/кг на Большом Кавказе. В газовом составе их преобладает углекислота, иногда появляются сероводород и метан (Большой Кавказ). Микрокомпонентный состав вод Малого Кавказа характеризуется главным образом элементами рудной минерализации; на Большом Кавказе наряду с рудными широко развиты элементы морского генезиса (йод, бром и др.). Кроме регионально развитых трещинно-пластовых вод, в структурах данного типа выделяются обводненные зоны разломов. Зоны внутриформационных разломов характеризуются преимущественно гидрокарбонатно-хлоридными, хлоридными натриевыми углекислыми холодными ($15-20^\circ\text{C}$) водами с минерализацией $10-35$ г/кг. Они содержат относительно повышенные концентрации йода, брома, бора, иногда мышьяка. Разломы более глубокого заложения (Малкинская и Восточно-Кавказская системы) характеризуются развитием маломинерализованных (до 3 г/кг) азотных, метаново-азотных хлоридных натриевых, хлоридно-сульфатных кальциево-натриевых терм ($25-57^\circ\text{C}$), которым свойственны повышенные содержания кремнекислоты, часто радона и сероводорода.

Многоярусные структуры, образованные выходящими на поверхность породами верхней юры, мела или палеогена, выше базиса эрозии характеризуются развитием пресных (до 1 г/кг) гидрокарбонатных натриево-кальциевых вод на Большом Кавказе и магниевых-кальциевых — на Малом Кавказе. Ниже базиса эрозии для структур, сложенных терригенными породами J_3-K_1 (Абхазско-Рачинский, Чиаурский — 30_1^{11} , Дибрарский — 30_1^7 , адмассивы и адбассейны Сомхето-Карабахской системы), характерны холодные ($6-18^\circ\text{C}$) преимущественно углекислые воды с минерализацией до 10 г/кг хлоридно-гидрокарбонатного, гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-натриевого, натриевого состава с незначительным содержанием йода и брома. Внутриформационные зоны разломов выводят на поверхность соленые (до 13 г/кг) хлоридные натриевые холодные воды. Воды зон глубинных разломов в этих структурах термальные (46°C), маломинерализованные (до 3 г/кг), часто сероводородные сульфатно-гидрокарбонатного, гидрокарбонатного натриевого состава. Основными составляющими газового состава являются азот и метан.

В структурах, образованных вулканогенно-карбонатными, частично флишoidными породами мел-палеогена (Аджаро-Триалетская система адмассивов и бассейнов — 30_2^6), ниже базиса эрозии в зоне региональной трещиноватости развиты различные по минерализации и составу подземные воды. Вулканогенно-осадочные породы палеогена характеризуются слабосолеными ($1-5$ г/кг) гидрокарбонатными, иногда сульфатно-гидрокарбонатными кальциевыми холодными углекислыми водами. В подстилающих карбонатных флишoidных породах мела развиты угле-

кислые воды с минерализацией 5—15, иногда 25 г/кг, гидрокарбонатного, хлоридно-гидрокарбонатного, хлоридного натриевого состава. В этих водах присутствуют йод, бром, бор, литий, стронций. Особое положение в разрезе рассматриваемых структур занимают азотные термы, выходы которых известны по всей площади развития вулканогенно-осадочных отложений палеогена. Это низкоминерализованные (0,3—1 г/кг), как правило, сероводородные, карбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные, а во флишевых отложениях — хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды, рН которых больше 8, а температура 30—48° С. В газовом составе преобладает азот, иногда это метаново-азотные термы. Исходя из того, что максимальная температура углекислых терм на глубине 1200 м составила 42,5° С, а известная максимальная температура азотных терм на выходе 48° С, можно предположить, что и в этих структурах азотные термы характеризуют более глубокие части структур, чем рассмотренные выше углекислые.

В многоярусных структурах, сложенных на поверхности осадочными породами палеоген-миоцена [4, т. 12] (Кабыстанский адартезианский бассейн — 30₁⁹, Талышская система структур — 30₈) и характеризующихся развитием порово-трещинно-пластовых вод, прослеживается следующая гидрохимическая зональность: воды верхнего яруса (Р—N) метановые гидрокарбонатно-хлоридные с минерализацией 10—12 г/кг и содержанием йода до 20 мг/кг; воды нижнего яруса, охарактеризованные по данным отдельных скважин и вулканов, имеют преимущественно гидрокарбонатно-хлоридный, хлоридный натриевый, кальциево-натриевый состав с минерализацией 3—35 г/кг. Им свойственно повышенное содержание йода (местами до 60 мг/кг). В газовом составе преобладают метан, иногда азот. Воды горячие с температурой до 65° С.

Артезианские бассейны на Кавказе приурочены к синклинальным прогибам или внутригорным впадинам, выраженным в рельефе понижениями. Они выполнены песчано-глинистыми, карбонатными, часто доломитизированными, иногда галогенными образованиями юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Бассейны, имеющие, как правило, сравнительно небольшие размеры, характеризуются развитием трещинно-пластовых, порово-пластовых и трещинно-карстовых вод в породах чехла и трещинно-жильных — в породах фундамента. Геолого-геоморфологическое положение бассейнов в системе Кавказской складчатой области определяет главные черты динамики и химии подземных вод.

Для структур рассматриваемого типа характерны невыдержанные по площади мощность и глубина залегания гидрохимических зон, что, видимо, связано с блоковым строением не только пород фундамента бассейнов, но и их чехла. При общей сохраняющейся для большинства артезианских бассейнов тенденции увеличения минерализации с глубиной в пределах одного и того же обводненного комплекса пород характерна различная глубина залегания вод одной и той же минерализации на близрасположенных участках. Выделяемые в бассейнах гидрохимические зоны А, Б, В представляют собой зоны пестрых вод, подразделить которые на подзоны можно только при детальном картировании. По характеру гидрохимического разреза артезианские бассейны Кавказа могут быть подразделены на две группы: а) с нормальным гидрохимическим разрезом типа АБВ или АБ (ДБВ и ДБ) и б) с аномальным типом гидрохимического разреза.

Для бассейнов первой группы (Гурийский — 30₃³, большая часть Колхидского — 30₃², Среднекуринский — 30₅², Нижнекуринский — 30₅³, Сочинский — 30₆²) характерно увеличение минерализации с глубиной и по мере удаления от областей питания от пресных (зона А) к соленым (зона Б) и рассолам (зона В) с одновременным изменением солевого и газового состава. Максимальную минерализацию в этих бассейнах име-

ют воды в нижних частях разреза, а величина ее определяется литолого-фациальным составом вмещающих пород и степенью их промытости. Так, в Гурийском бассейне максимальная минерализация вод на глубине 1700 м равна 35 г/кг, в Каргалинском на глубине больше 3200 м — 70 г/кг, на юге Колхидского на глубине 3160 м — 100 г/кг, а в Очамчирской депрессии на глубине 3300 м достигла 350 г/кг.

В бассейнах второй группы аномалии гидрохимического разреза могут быть обусловлены двумя причинами: 1) литолого-фациальными особенностями разреза бассейна (наличие солей, гипсов) и 2) новейшими тектоническими движениями. Аномальным гидрохимическим разрезом типа АВ₁₄₀Б₃₅ характеризуется Ереванский, типа АВ₃₅Б₃В₁₄₀ — Мегрельский и типа ДВБ — Апшеронский бассейны. Рассолы подзоны В₁₄₀ в Ереванском артезианском бассейне связаны с наличием в разрезе бассейна галогенных образований. Особенностью Мегрельского артезианского бассейна является наличие сульфатных азотных терм малой минерализации (подзона Б₃), появление которых среди соленых и рассольных вод (подзоны Б₃₅ и В₁₄₀) в глубоких частях структуры стало возможным в результате новейших тектонических движений.

В Апшеронском артезианском бассейне к верхней части разреза приурочены наиболее концентрированные (до 270 г/кг) метановые хлоридные натриевые, кальциево-натриевые рассолы зоны В, ниже которой на глубинах больше 1500 м вскрыты соленые (до 35 г/кг) хлоридно-гидрокарбонатные, иногда сульфатно-гидрокарбонатные натриевые воды зоны Б. Минимально минерализованные (до 20 г/кг) воды с повышенным содержанием в них сульфат-иона появляются на глубинах больше 4500 м.

Природа этого типа гидрохимического разреза до сих пор не находит однозначного объяснения. Возможно, что в данном случае основная роль принадлежит новейшей тектонике.

Верхний гидрогеологический ярус на Кавказе характеризуется наличием структур покровного типа — супербассейнов, в которых подземные воды приурочены к водопроницаемым породам лавовых покровов и потоков неоген-четвертичного возраста. Структуры этого типа (Ахалкалакский — 30₂⁷ и др.) перекрывают артезианские и адартезианские бассейны, гидрогеологические массивы и адмассивы, слагают как положительные, так и отрицательные формы рельефа, образуя разновидности супербассейнов (котловинные, вершинные) и супермассивов. Водоносные горизонты в этом типе структур содержат безнапорные и напорные воды, причем основной горизонт, как правило, приурочен к основанию покрова. Сильная трещиноватость и пористость лавовых покровов способствует образованию мощных потоков подземных вод, дающих в местах выходов источники с дебитом до сотен и более литров в секунду (Малый Кавказ). Воды ультрапресные (до 0,2 г/кг) и пресные (до 0,5 г/кг) гидрокарбонатные, холодные.

Помимо систем однотипных структур, на Кавказе имеются сложные системы, объединяющие структуры разного типа (Севанская — 30₂², Арпинская — 30₂⁴, Армянская — 30₂³, Дагестанская — 30₁⁵). Так, в чехле Севанской и Арпинской систем выделяются по крайней мере два яруса, нижний из которых образует структуру типа адартезианского бассейна, а верхний — систему артезианских бассейнов, гидрогеологических массивов и суперструктур. Дагестанская система представляет собой сложную систему мелких адартезианских бассейнов, адмассивов и наложенных артезианских бассейнов.

Заканчивая краткую характеристику гидрогеологических условий Кавказской гидрогеологической складчатой области, следует отметить, что практическая значимость подземных вод разных типов гидрогеологических структур не равноценна. В гидрогеологических массивах подземные пресные воды могут быть использованы для мелкого водоснабжения. В случае насыщения углекислотой они становятся лечебными ти-

па бессульфатных нарзанов. К структурам промежуточного типа (адмассивам и адартезианским бассейнам) приурочены источники разнообразных минеральных лечебных вод. С этим типом структур связаны холодные и горячие углекислые минеральные воды разной минерализации (типа боржоми, ессентуки, нарзан, арзни, дарасун, бадамлы, цагвери, железнодорожск, джермук и др.), азотные и азотно-метановые термы, часто с небольшим содержанием сероводорода (типа елису, апачи, ахтыр, астаран и др.), сероводородные холодные и горячие воды (типа бум, гяндоб, кородинский, тбилиси, гориджвари, двири) и минеральные лечебные воды без специфических компонентов (типа бзыби). Пресные воды, связанные с региональной трещиноватостью и неглубокими зонами тектонических разломов названных структур, могут обеспечить потребности мелкого водоснабжения.

Подземные воды артезианских бассейнов используются для получения промышленно-ценных химических элементов: йода, брома, на отдельных площадях — бора. Наибольший интерес в этом отношении представляют подземные воды неогеновых отложений Куринского бассейна. Среди минеральных лечебных вод в межгорных артезианских бассейнах широко распространены воды азотно-метановой группы: чартаковского, евапаторийского, апшеронского типов. В Рионском бассейне известны также воды типа цхалтубо, цайши и лугела. Кроме того, широко развиты сероводородные воды шиховского и мацестинского типов. В целях водоснабжения могут быть использованы воды верхних водоносных горизонтов до глубины приблизительно 400 м в Рионском межгорном бассейне, а также воды нагорных бассейнов. Наиболее мощные ресурсы пресных вод приурочены к вулканогенным суперструктурам.

Уральская гидрогеологическая складчатая область (7) протягивается более чем на 2500 км от Карского моря до Приаралья и состоит из ряда меридионально вытянутых параллельных хребтов, чередующихся с межгорными понижениями. В тектоническом отношении Урал представляет собой крупный мегантиклинорий, ядро которого сложено протерозойскими гнейсами, кварцитами и кристаллическими сланцами, а крылья — слабо метаморфизованными песчаниками, глинистыми сланцами, известняками, эффузивами и туфами от кембрийского до каменноугольного возраста включительно. Породы смяты в узкие меридионально вытянутые складки, раздроблены многочисленными разломами и прорваны интрузиями кислых, основных и ультраосновных пород. По особенностям геологического, тектонического строения и гидрогеологических условий Урал разделяется на три системы массивов и адмассивов: западную (7_1), центральную (7_2) и восточную (7_3).

Западная система адмассивов (7_1) занимает западный склон Урала в пределах Западноуральской зоны линейной складчатости, сложенный девонскими и каменноугольными карбонатными и терригенными породами. В этой системе адмассивов господствуют трещинно-пластовые, трещинно-карстово-пластовые и трещинно-карстовые подземные воды. Породы района отличаются высокой водообильностью; расходы источников и дебиты скважин достигают десятков и сотен литров в секунду.

Центральная система гидрогеологических массивов (7_2) расположена в пределах водораздельной части Урала. Она представляет собой ядро мегантиклинория, сложенное кварцитами, сланцами и эффузивами. Для этих пород характерна неглубокая трещиноватость (до 50—70 м), слабая их обводненность и хорошая дренированность. Источников в этом районе мало и у большинства их расходы менее 0,1 л/с.

Восточная система массивов и адмассивов (7_3) занимает восточный склон Урала — площадь Тагило-Магнитогорского синклинория, в строении которого участвуют осадочно-вулканогенные, терригенные и карбонатные образования ордовика, силура, девона и карбона, смятые в узкие линейные складки, нарушенные разломами и прорванные различными по-

составу интрузивными породами. В гидрогеологическом отношении эта часть Урала представляет собой сложную систему адмассивов, гидрогеологических массивов и межгорных артезианских бассейнов (Орско-Таналыкский и др.). Подземные воды в основном распространены в верхней части гидрогеологического разреза, где приурочены к трещиноватой зоне выветривания эффузивных, зеленокаменных и интрузивных пород, к закарстованным карбонатным породам и зонам тектонических нарушений [9]. Водообильность пород различная: дебиты скважин от сотых долей до десятков литров в секунду.

В пределах Уральской гидрогеологической складчатой области сплошное площадное распространение имеет только зона пресных вод. В некоторых местах (Нижние Серги, Новопокровка, Теченский район и др.) под зоной пресных вод встречены соленые и рассольные хлоридные воды с минерализацией до 100 г/кг и более, но закономерности их распространения не изучены. Можно предполагать, что соленые воды и рассолы более широко распространены, например, на западном склоне Урала в зонах развития разломов и надвигов, куда возможно проникновение этих вод из Предуральского прогиба, а также в местах, где среди отложений девона и карбона встречаются гипсы и ангидриты.

В геотермическом отношении Урал изучен слабо. Температура подземных вод на Среднем Урале на глубине 700—1000 м не превышает 9—18°С. Уникальной является гора Янгантау в Башкирской АССР: в ней на небольшой глубине наблюдаются аномально высокие температуры, обусловленные процессами окисления органических остатков, содержащихся в битуминозных сланцах. Из минеральных вод имеются сероводородные великолукские, железистые курьинского, радоновые хасуртаевского, знаменского и увильдинского типов и кислые рудничные айского типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология, гидрохимия, геотермия геологических структур. Минск, «Наука и техника», 1971, 336 с. Авт.: Г. В. Богомолов, А. И. Бекчурин, В. И. Духанина, В. В. Панов, Ю. Г. Богомолов.
2. Гидрогеология Волго-Уральской нефтегазоносной области. М., «Недра», 1967, 422 с. Авт.: Г. В. Богомолов, В. Г. Герасимов, М. И. Зайдельсон, А. С. Зингер, В. П. Иванов, А. Н. Козин, Б. М. Козлов, Б. Н. Любомиров и др.
3. Геология Армянской ССР, т. 9. Минеральные воды. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1969, 521 с.
4. Гидрогеология СССР. В 50-ти т. Глав. ред. А. В. Сидоренко. Т. 1, 1966, 424 с.; т. 3, 1967, 328 с.; т. 5, 1971, 614 с.; т. 6, 1971, 480 с.; т. 8, 1970, 364 с.; т. 9, 1968, 488 с.; т. 12, 1969, 408 с.; т. 13, 1970, 800 с.; т. 14, 1970, 364 с.; т. 15, 1972, 344 с.; т. 28, 1970, 223 с.; т. 26, 1972, 295 с.; т. 30, 1966, 302 с.; т. 31, 1967, 200 с.; т. 32, 1969, 375 с.; т. 42, 1970, 288 с.; т. 44, 1969, 300 с.; т. 45, 1970, 158 с. М., «Недра».
5. Зайдельсон М. И., ред. Пластовые воды палеозойских отложений Куйбышевского Поволжья.—Тр. КуйбышевНИИ, 1963, вып. 22, 198 с.
6. История геологического развития Русской платформы и ее обрамления. М., «Недра», 1964, 252 с.
7. Кротова В. А. Гидрогеологические факторы формирования нефтяных месторождений (на примере Предуралья). Л., Гостоптехиздат, 1962, 330 с.
8. Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., «Недра», 1968, 482 с.
9. Черняев А. М., Черняева Л. Е., Пильшиков Б. И. Гидрогеологическое районирование Урала.—Тр. Уральского НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов, вып. 1, 1972, с. 66—74.

*В. М. Тарасов***ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ
И ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА**

Геолого-тектонические структуры Средней Азии и Западного Казахстана сформировались в результате тектонических движений каледонской, герцинской, киммерийской и альпийской складчатостей, что определило большое разнообразие гидрогеологических условий различных частей рассматриваемой территории. В западной, платформенной, части территории (юго-восточная часть Русской платформы и Туранская плита) находятся артезианские бассейны, объединяемые в Арало-Каспийскую артезианскую область, а в восточной, геосинклинальной, — сложные гидрогеологические складчатые области Тянь-Шаня и Памира.

К югу от Туранской плиты расположены горные сооружения Копет-Дага, Большого Балхана и Куба-Дага, являющиеся гидрогеологическими адмассивами, а также глубочайшая Южно-Каспийская впадина, представляющая собой обширный межгорный артезианский бассейн. Эти структуры сложены разнообразными породами, отличающимися как по степени метаморфизации и дислоцированности, так и по характеру скоплений подземных вод. В изученной части геологического разреза рассматриваемой территории выделяются два структурно-гидрогеологических этажа. Нижний этаж составляет фундамент артезианских бассейнов и гидрогеологические массивы. Он представлен докембрийскими и палеозойскими метаморфическими и сильно метаморфизованными и дислоцированными породами — кристаллическими сланцами, кварцитами, гнейсами, амфиболитами, прорванными многочисленными интрузиями. Для них характерны в основном трещинно-жильные, реже трещинно-карстовые скопления подземных вод.

Верхний этаж состоит из двух ярусов, нижний из которых сложен мезокайнозойскими (в Прикаспийской впадине и палеозойскими) осадочными образованиями, в различной степени уплотненными, обычно слабо дислоцированными, слагающими чехол артезианских бассейнов. К ним приурочены трещинно-пластовые и порово-пластовые скопления подземных вод. Слабо метаморфизованные, но сильно дислоцированные осадочные образования мезокайнозоя (иногда сильно метаморфизованные отложения пермо-триаса) с пластово-трещинными, трещинно-пластовыми и порово-пластовыми подземными водами характерны для гидрогеологических адмассивов. К верхнему ярусу относятся покровные четвертичные и неоген-четвертичные рыхлые осадочные образования с порово-пластовыми грунтовыми водами, распространенными главным образом в артезианских бассейнах.

Арало-Каспийская артезианская область (IV) объединяет Северо-Прикаспийский (IV₁), Устюртский (IV₂), Средне-Каспийский (IV₃), Южно-Каспийский (IV₄), Амударьинский (IV₅), Сырдарьинский (IV₆), Чуйский (IV₇), Каракуль-Сарысуйский, Сарысуйский (IV₈), Тургайский (IV₉) артезианские бассейны (см. карту).

Северо-Прикаспийский артезианский бассейн (IV₁) занимает Прикаспийскую впадину, геологическое строение которой характеризуется

глубоким погружением докембрийского фундамента (до 15—20 км в центральной части), а также широким развитием солянокупольной тектоники [5]. Он подразделяется на два бассейна 2-го порядка, отличающиеся по гидрогеологическим условиям: Западно-Прикаспийский (IV_1^{11}) и Восточно-Прикаспийский (IV_1^{21}) с бассейнами 3-го порядка — Илекско-Эмбенским (IV_1^{2a}) и Актюбинско-Приуральским (IV_1^{2b}). Большая часть впадины относится к Западно-Прикаспийскому артезианскому бассейну, восточной границей которого является флексурный перегиб отложений чехла, обуславливающий выход на поверхность пород мелового возраста, которые слагают «Предуральское меловое плато». Осадочный чехол рассматриваемого бассейна делится солями кунгура на два этажа. Терригенные и (в меньшей степени) карбонатные отложения с прослоями ангидрита девонского, карбонového и нижнепермского возраста достигают мощности 4 км и более. Кунгурская соленосная толща распространена на всей площади бассейна и представлена главным образом каменной солью с гипсо-ангидритами в подошве и кровле. Пластичное перераспределение соли привело к образованию на глубинах от 1,5 до 3 км соляных гряд, осложненных многочисленными куполами, часть которых достигает поверхности. В межгрядовых понижениях мощность соли значительно сокращена, вплоть до полного выклинивания, в то время как высота соляных куполов достигает 9,5 км.

Большую часть надсолевого разреза впадины (до 6 км и более) составляют песчано-глинистые отложения пермо-триаса. Перекрывающие их осадки мезокайнозойского возраста представлены также в основном песчано-глинистыми породами. И только среди туронских и датских отложений преобладают карбонатные разности. В гидрогеологическом разрезе бассейна с учетом водоупорных глинистых толщ верхнего триаса, средней юры, нижнего мела и палеогена выделяется шесть водоносных комплексов: нижнепермский, пермо-триасовый, ниже-среднеюрский, верхнеюрско-нижнемеловой, альб-верхнемеловой и неоген-четвертичный.

В нижнепермских отложениях (а также, вероятно, в девонских и карбоновых), по данным опробования немногих глубоких скважин, заключены хлоридные натриевые и кальциево-натриевые рассолы с минерализацией от 140 до 270 г/кг. Растворенные в них газы имеют метановый состав с примесью высших углеводородов (0,3—4,8 об. %). В кунгурской соленосной толще, являющейся в целом водоупором, встречаются линзообразные скопления седиментационных рассолов (до 350 г/кг и более) хлоридного магниевого состава с высокими содержаниями брома (до 9,3 г/кг), йода (до 25 мг/кг) и бора. Для пермо-триасового водоносного комплекса характерны хлоридные натриевые рассолы (до 280 г/кг и более) с относительно низкими концентрациями микрокомпонентов (в мг/кг): бром — 100—400, йод — 2—19, B_2O_3 — 15—80.

Вверх по разрезу отмечается постепенное уменьшение минерализации подземных вод — от 270 г/кг в ниже-среднеюрских отложениях до 200 г/кг в верхнеюрско-неокомских и до 140—35 г/кг в верхнемеловых и альбских отложениях. Приведенные цифры характеризуют максимальные значения минерализации. В пределах Восточно-Прикаспийского бассейна подземные воды меловых и юрских отложений при неглубоком залегании обладают низкой минерализацией (от 10—20 до 1 г/кг). Дебиты скважин с пресной и солоноватой водой обычно до 1000 м³/сут.

Подземные воды пестрой минерализации и состава (3—140 г/кг) распространены в неоген-четвертичных отложениях. В районах неглубокого залегания соляных куполов вскрываются подземные рассолы (до 270 г/кг). К речным долинам и эоловым песчаным массивам приурочены пресные и солоноватые (1—3 г/кг) грунтовые воды. Прикаспийский артезианский бассейн в целом отличается хорошей гидрогеологической

закрытостью недр, обусловленной замкнутым характером впадины и наличием регионально выдержанных мощных водоупорных толщ в разрезе. Поэтому латеральное движение подземных вод в глубоких частях разреза, вероятно, отсутствует, за исключением вертикальных перетоков вод по зонам разломов. Влияние местных базисов эрозии сказывается лишь в неоген-четвертичном водоносном комплексе и в верхнемеловых отложениях Актюбинского Приуралья и Южно-Эмбенского района.

Устьюртский (IV_2), Средне-Каспийский (IV_3) артезианские бассейны и западная часть Амударьинского (IV_5) обладают многими общими геолого-структурными и гидрогеологическими особенностями. В пределах Северо-Устьюртской впадины мощность осадочного чехла меняется от 5—8 км и более в прогибах до 1—3 км на погребенных поднятиях фундамента, причем в наиболее глубоких понижениях пермо-триасовые терригенные образования достигают 2—3-километровой мощности. В мезокайнозойских песчано-глинистых и в меньшей степени карбонатных отложениях прослеживаются региональные глинистые водоупорные толщи верхней юры, апта, турона и олигоцена, делящие разрез на пять водоносных комплексов: пермо-триасово-юрский, неоком-аптский, альб-сеноманский, эоценовый и неоген-четвертичный. Сверху вниз минерализация подземных вод увеличивается от 1—10 до 270 г/кг, а их солевой и газовый состав меняется от сульфатного натриевого, кислородно-азотного до хлоридного натриевого и кальциево-натриевого с растворенными газами метаново-азотного и метанового состава. В наиболее концентрированных рассолах содержание брома достигает 500 мг/кг, йода — 17 мг/кг; имеются и другие промышленно-ценные химические элементы.

В Средне-Каспийском бассейне (IV_3) выделены два бассейна 2-го порядка: Южномангышлакско-Устьюртский (IV_3^1) и Красноводско-Карабогазский (IV_3^2). Первый из них по характеру гидрогеологического разреза сходен с Устьюртским, а для второго характерно значительное сокращение мощности мезозойско-кайнозойского осадочного чехла (1—3 км). Изменяется и гидрогеологический разрез — соленые и рассольные грунтовые воды неоген-четвертичных образований (с линзами пресных и слабосоленоватых вод, залегающих в районах распространения песчаных массивов) сменяются солеными (10—40 г/кг) водами верхнемеловых отложений и рассолами хлоридного натриевого состава (до 140 г/кг) в породах нижнего мела.

Амударьинский бассейн (IV_5) системой глубинных разломов делится на пять бассейнов 2-го порядка: Каракумский (IV_5^1), Прикопетдагский (IV_5^2), Восточно-Заунгузский (IV_5^3), Бадхыз-Карабильский (IV_5^4) и Бухаро-Каршинский (IV_5^5). Геолого-структурные и литолого-фациальные различия западной и восточной частей бассейна (Туркменской антеклизы и Амударьинской синеклизы) определяют их гидрогеологические особенности. В мезокайнозойском чехле впадины, сложенном главным образом терригенно-карбонатными породами, а в восточной части и соляно-гипсовыми, выделяются пять водоносных комплексов: нижне-среднеюрский (куда условно отнесены и пермо-триасовые молассовидные образования, распространенные в наиболее глубоких частях впадины), неоком-аптский, альб-сеноманский, турон-палеоценовый и неоген-четвертичный, разделенные водоупорными толщами — глинами или солями верхней юры, а также глинистыми породами нижнеальбского, нижнетуронского и палеогенового возраста. Менее широко распространены глины аптского и сенонского возраста.

Для западной части бассейна (Каракумский и Прикопетдагский бассейны 2-го порядка) характерен нормальный гидрохимический разрез. Соленые грунтовые воды (10—35 г/кг) сменяются в отложениях палеоцена, сенона и верхнего турона более минерализованными напорными водами (20—70 г/кг) хлоридного натриевого состава, содержащими бром (10—100 мг/кг), йод (до 2 мг/кг), B_2O_3 (до 50 мг/кг) и азотно-

метановые газы. Ниже по разрезу, в альб-сеноманском водоносном комплексе залегают слабые хлоридные натриевые рассолы (70—140 г/кг) с более высокими концентрациями брома (до 350 мг/кг), йода (до 8 мг/кг) и бора. Растворенные в них газы — азотно-метановые и метановые.

Рассолы неоком-аптских (70—180 г/кг) и ниже-среднеюрских (100—220 г/кг) отложений по солевому составу хлоридные натриевые и кальциево-натриевые. Они содержат бром (до 380—450 мг/кг), йод (до 15 мг/кг) и B_2O_3 (100—280 мг/кг). Растворенные в этих рассолах газы обычно метановые. К пермо-триасовым терригенным образованиям приурочены, вероятно, воды меньшей минерализации (100—140 г/кг), так как они формировались в континентальных условиях, а объемы отжимавшихся из верхнеюрских глин рассолов не были столь велики, чтобы заменить сингенетичные слабоминерализованные воды полностью.

Для гидрохимического разреза восточной части бассейна характерна несколько меньшая минерализация грунтовых вод (5—25 г/кг) при наличии обширных линз пресных и слабосоленоватых вод (Восточно-Заунгузская, Джилликумская, Западно- и Восточно-Иолотанская и др.), а также быстрое увеличение минерализации подземных вод в меловых и юрских отложениях от 35—50 до 350—400 г/кг (в соленосной части разреза). В нижележащих терригенно-карбонатных ниже-среднеюрских и, вероятно, пермо-триасовых отложениях минерализация рассолов уменьшается до 270—140 г/кг. Специфичные хлоридные магниево-кальциевые и магниевые рассолы (300—400 г/кг) залегают в соленосных отложениях в виде изолированных линз и обладают аномально высокими пластовыми давлениями. Им свойственны высокие концентрации брома (до 2 г/кг), йода (до 25—80 мг/кг) и бора (до 2,6 г/кг).

Подземные рассолы Амударьинского артезианского бассейна в отложениях мелового и юрского возраста содержат углеводородные газы, а их температура на глубинах 3000—3500 м составляет 120—140°С.

Сырдарьинский артезианский бассейн (IV_6) состоит из четырех бассейнов 2-го порядка: Приаральского (IV_6^1), Северо-Кызылкумского (IV_6^2), Восточно-Кызылкумского (IV_6^3) и Приташкентского (IV_6^4). Первые три бассейна по гидрогеологическим показателям близки между собой. В песчано-глинистых отложениях мезокайнозойского чехла, мощность которого 1—2,5 км, выделяются четыре водоносных комплекса: неоген-четвертичный, сенон-туронский, альб-сеноманский и неоком-юрский, разделенные глинами палеогена, верхов сеномана и низов альба. Минерализация подземных вод в четвертичных и неогеновых отложениях бассейна 1—3 г/кг (на северо-западе до 10 г/кг), в палеогеновой глинистой толще 1—3 г/кг, в отдельных прослоях проницаемых пород 5 г/кг, в сенон-туронском водоносном комплексе 0,5—3, редко до 8 г/кг; в песчано-глинистых отложениях сеноманского и альбского возраста 1,5—3, реже до 5 г/кг. Только в самых низах разреза, в песчано-глинистых отложениях неоком-апта и малораспространенных песчаниках юрского возраста, залегают соленые (5—12, редко до 35 г/кг) сульфатно-хлоридные и хлоридные натриевые воды. Состав растворенных газов изменяется вниз по разрезу от кислородно-азотного до азотного (в меловых отложениях). В водах неоком-юрского водоносного комплекса, кроме азота, иногда бывает примесь метана (до 6 об. %). В этих же водах обнаружены бром (до 25 мг/кг) и йод (до 2 мг/кг). Наиболее водообилен сенон-туронский водоносный комплекс. Дебиты скважин 5—15 л/с (иногда самоизлив до 25—70 л/с).

Приташкентский артезианский бассейн (IV_6^4) с трех сторон окружен горами, вследствие чего мощность зоны интенсивного водообмена превышает 2 км. В зависимости от этого, а также от степени проницаемости и промытости водовмещающих пород закономерность увеличения минерализации подземных вод, наблюдаемая в других бассейнах,

с глубиной здесь нарушается. Так, галечники и песчаники четвертичного возраста содержат пресные воды (до 1 г/кг), красноцветные отложения неогена — пресные и солоноватые (0,5—5 г/кг), песчаники и известняки палеоцена и эоцена — пресные и солоноватые (0,7—3 г/кг), а к сенон-туронским песчано-глинистым отложениям приурочены еще менее минерализованные воды (0,5—1,5, реже до 3 г/кг). Даже в сеноманских и альбских песках, песчаниках и конгломератах, а также в песчано-глинистых отложениях юрского возраста, залегающих на глубинах от 800 до 2200 м, содержатся пресные и солоноватые (0,6—10 г/кг) воды. Температура этих вод достигает 55—70° С.

Общее движение подземных вод в Сырдарьинском бассейне происходит в северо-западном направлении — в сторону Аральского моря, а также к долине р. Сырдарьи и к локальным участкам разгрузки, приуроченным к зонам разломов.

Западно-Туркменский артезианский бассейн (IV₄¹) расположен на восточном борту Южно-Каспийской межгорной впадины, центральная часть которой находится под уровнем моря. Геологический разрез бассейна до глубины 4—8 км представлен песчано-глинистыми отложениями неоген-четвертичного возраста. В этой части разреза довольно условно выделены водоносные комплексы, приуроченные к четвертичным, апшеронским, акчагыльским, верхне- и нижнекрасноцветным отложениям.

Воды наибольшей минерализации (до 250 г/кг) хлоридного натриевого и кальциево-натриевого состава вскрыты в верхней части красноцветной толщи. В ее низах преобладают соленые воды (14—35 г/кг) хлоридного натриевого состава с незначительными содержаниями сульфатов и гидрокарбонатов (до 5%-экв.). В подстилающих отложениях миоценового и палеогенового возраста минерализация подземных вод вновь увеличивается до 50 г/кг и более, что позволяет предположить наличие в мезозойской части разреза рассолов (до 140 г/кг и выше).

В акчагыльских и апшеронских отложениях, перекрывающих красноцветную толщу, содержатся рассолы (70—140 г/кг) хлоридного натриевого состава, а в четвертичных песчано-глинистых отложениях — грунтовые воды пестрой минерализации (от 1—3 до 70—270 г/кг). Подземные воды плиоценовых отложений характеризуются высоким содержанием брома (300—500 мг/кг), йода (25—40 мг/кг) и бора (300—2000 мг/кг B₂O₃).

Температура подземных вод с глубиной увеличивается неравномерно. Наиболее высокие градиенты (4—5°/100 м) свойственны глубинам 500—1000 м. В интервале 1000—1500 м они снижаются до 3°/100 м и на глубинах 2000—2500 м до 2—2,5°/100 м.

Чуйский (IV₇), Сарысуйский (IV₈) и Тургайский (IV₉) артезианские бассейны, входящие в Арало-Каспийскую артезианскую область, охарактеризованы в статье Е. Е. Беяковой (см. настоящий сборник, с. 47—59).

Копетдагская (31), Мангышлакская (18), Туаркырская (19) и Кубадаг-Балханская (20) складчатые области имеют много общего в гидрогеологическом отношении. Все они сложены в основном слабо метаморфизованными, но сравнительно сильно дислоцированными осадочными породами мезозойско-кайнозойского и, на меньших участках, пермо-триасового возраста. По типу гидрогеологических структур это гидрогеологические адмассивы.

Грунтовые воды зоны выветривания названных адмассивов пресные и слабосоленоватые, а в Западном Копетдаге и Туаркыре распространены также и соленые подземные воды различного химического состава (от 0,5 до 35 г/кг). Минерализация порово-пластовых и трещинно-пластовых подземных вод более глубокой циркуляции изменяется от 1—10 г/кг в Центральном и Восточном Копетдаге до 30—40 г/кг в Гор-

ном Мангышлаке, Куба-Даге, Большом Балхане и Туаркыре и до 10—70 г/кг в Западном Копетдаге. Температура воды увеличивается от 11—15°С на поверхности до 40—50°С на глубине 1500 м.

Система гидрогеологических массивов и межгорных артезианских бассейнов Центральных Кызылкумов (35). Невысокие поднятия (Букантау, Тамдытау и др.), сложенные нижнепалеозойскими сильно дислоцированными и метаморфизованными породами (1-й ярус) и менее дислоцированными и метаморфизованными породами верхнего палеозоя (2-й ярус), являются гидрогеологическими массивами, а бессточные мульдообразные прогибы (Мынбулакский, Карагатинский и др.), заполненные терригенными мезокайнозойскими отложениями мощностью до 1000 м, — межгорными артезианскими бассейнами [3].

Палеозойские массивы в общем слабо обводнены. Пресные и слабосоленоватые воды (0,7—3,5 г/кг) связаны с зоной региональной трещиноватости и зонами разломов. Из пород 1-го яруса наиболее водообильны мраморизованные известняки (дебит скважин до 42 л/с). Сланцы, как правило, безводны, а в зонах тектонического дробления пород дебит скважин 0,8—0,9 л/с. По солевому составу воды изменяются от гидрокарбонатных натриево-кальциевых до сульфатно-хлоридных натриевых и кальциево-магниевых. К трещинным зонам интрузивных пород приурочены подземные воды гидрокарбонатного натриевого состава с минерализацией 0,7—2,7 г/кг. Дебиты источников 0,2—0,3 л/с. Среди пород 2-го яруса наиболее водообильны девонские известняки (дебиты восходящих родников 2—5 л/с). Вода обычно пресная (до 1 г/кг) гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-магниева. Песчаники, конгломераты, известняки и доломиты карбона содержат хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные натриевые воды (2—15 г/кг). Дебиты нисходящих источников 0,08—0,64 л/с.

Более значительны запасы подземных вод в мезозойских осадочных толщах межгорных артезианских бассейнов. Дебиты водопунктов с пресной водой из делювиально-пролювиальных четвертичных отложений и солоноватых (минерализация 1—10 г/кг, реже до 35 г/кг) из плиоценовых пород от 0,06 до 1 л/с. Маломощные водоносные горизонты в палеогеновой глинистой толще содержат солоноватые и соленые (3—35 г/кг) сульфатно-хлоридные натриевые воды. Дебиты колодцев и скважин 0,1—3 л/с. Сенон-туронский водоносный комплекс — наиболее мощный и широко распространенный во всех впадинах Центральных Кызылкумов. К пескам и песчаникам приурочены пресные, слабосоленоватые, реже соленые воды (1—10, до 34 г/кг) в основном сульфатно-хлоридного и хлоридного натриевого состава. Дебиты скважин высокие — 1—20, иногда до 100 л/с. Для песчано-глинистых отложений сеномана и альба характерны солоноватые (1,5—3,5, реже до 10 г/кг), хлоридно-сульфатные и хлоридные натриевые воды. Дебит скважин 1—4, реже до 10 л/с. Подземные воды глубоких частей впадин термальные (до 59—80°С).

Тянь-Шаньская сложная гидрогеологическая складчатая область (36) состоит из пяти гидрогеологических складчатых областей, две из которых (Северо-Западная — 36₁ и Юго-Западная Тянь-Шаньская — 36₂) расположены к западу от Фергано-Таласского разлома и три области (Северо-, Средне- и Южно-Тяньшаньская — 36₃, 36₄, 36₅) — к востоку от него. Первые две области разделены между собой Ферганской впадиной, а области восточной части Тянь-Шаня — глубинными (Чаткало-Нарынским и «Важнейшей структурной линией Тянь-Шаня») разломами.

По геолого-структурным особенностям и характеру обводнения пород в области выделяются три структурных гидрогеологических этажа: нижний, средний и верхний. К нижнему этажу относятся сложно дислоцированные породы фундамента, представленные кристаллическими,

метаморфическими и сильно метаморфизованными осадочными и вулканогенно-осадочными образованиями докембрийского и палеозойского возраста. Средний этаж составляют мезокайнозойские породы (юра — неоген), в различной степени уплотненные, слабо дислоцированные. К верхнему этажу относятся плиоцен-четвертичные рыхлые осадочные образования.

Породы нижнего структурного этажа с трещинными водами зоны выветривания, а также с трещинно-жильными, реже трещинно-карстовыми и пластово-трещинными скоплениями подземных вод занимают почти 75% всей территории и слагают многочисленные горные хребты, выделяемые как гидрогеологические массивы. Так, в Северо-Тяньшаньской области выделяются Алатауский (36_3^1), Копыл-Терский (36_3^3), Кендыктасский (36_3^4), Карагауский (36_3^6), Кольжатский (36_3^8) и др. Степень водообильности пород массивов зависит от их трещиноватости, высоты и расчлененности рельефа. Она колеблется от 0,5 до 10 л/с, снижаясь до 0,1—0,5 л/с в сланцах и возрастая до 20—50 л/с в зонах тектонических нарушений. Породы нижнего карбона, девона и силура в основном карбонатные, обладают высокой водообильностью. В хр. Атбаши дебиты родников, связанных с карстующимися известняками, достигают 65—325 л/с. Многолетнемерзлые породы, расположенные в горных хребтах на высотах 5000 м и более, практически безводны.

Наибольшим распространением в горных хребтах пользуются пресные и ультрапресные подземные воды с минерализацией 0,1—0,5 г/кг, образующиеся за счет инфильтрации атмосферных осадков, талых вод снежников и ледников, а также конденсации паров воздуха. С интрузивными породами разного возраста и состава связаны источники, дебиты которых до 5—10 л/с. В зонах тектонических разломов зафиксированы многочисленные выходы холодных и термальных подземных вод, многие из которых являются лечебными (углекислые холодные и термальные, азотные термальные).

Породы среднего и верхнего структурных этажей (осадочные образования мезозойско-кайнозойского возраста) с трещинно-поровыми и порово-пластовыми подземными водами распространены в основном во впадинах, а также в пределах отдельных горных хребтов (Ферганский, Ичкелетау и др.). В гидрогеологическом отношении впадины представляют собой межгорные и внутригорные артезианские бассейны. В большинстве из них присутствуют все три структурных этажа; в отдельных, наиболее мелких бассейнах средний этаж отсутствует.

Характерно, что межгорные артезианские бассейны, формировавшиеся в мезозойско-кайнозойское время в условиях, близких к платформенным, и изолировавшиеся на последней стадии альпийских тектонических движений (Афгано-Таджикский — 36_7 и Зеравшанский — 36_8), почти не отличаются от соседних платформенных артезианских бассейнов. В гидрогеологическом разрезе Афгано-Таджикского бассейна (36_7), состоящего из четырех бассейнов 2-го порядка (Душанбинского — 36_7^4 , Сурхандарьинского — 36_7^1 , Вахшского — 36_7^2 и Кулябского — 36_7^3), минерализация подземных вод с глубиной увеличивается вплоть до весьма крепких рассолов (до 350 г/кг) в верхнеюрской соленосной толще. В подстилающих терригенно-карбонатных отложениях минерализация подземных вод снижается до 270—150 г/кг. В гидродинамическом отношении Афгано-Таджикский бассейн является бессточным (в пределах комплексов мезозойской и палеогеновой частей разреза). Только в предгорном Душанбинском артезианском бассейне зона интенсивного водообмена достигает значительной мощности, вследствие чего воды в палеогеновых, меловых и частично юрских отложениях опреснены.

Зеравшанский межгорный артезианский бассейн по гидрогеологическим и гидрохимическим особенностям почти не отличается от Сырдарьинского. Для другой группы межгорных артезианских бассейнов,

осадконакопление в которых происходило как в платформенных, так и в геосинклинальных условиях (Ферганский — 36₈ и Алайский — 36₉), характерно непостоянство гидрохимических разрезов в различных частях впадин. Так, в Ферганском бассейне мощность зоны пресных вод колеблется от нескольких десятков метров до 2 км, а минерализация подземных вод в палеогеновых отложениях изменяется от 20 до 210 г/кг, в меловых — от 3 до 200 г/кг, в неоком-аптских и юрских — от 25 до 200 г/кг. Концентрация брома, как правило, от 1 до 40 мг/кг и только в отдельных случаях достигает 200—600 мг/кг. Содержание йода — от 1 до 45, иногда 75 мг/кг, бора — от 60 до 150, редко до 280 мг/кг. Дебиты скважин от 0,05 до 1—8 л/с, иногда выше. Температура воды на глубине около 3 км достигает 60—110°С и выше.

Наиболее многочисленна группа внутригорных артезианских бассейнов трехъярусного (Чаткальский — 36₁², Чарынский — 36₃², Илийский — 36₃⁵, Кегено-Текесский — 36₃⁷, Иссык-Кульский — 36₃¹¹, Таласский — 36₃¹⁰, Токтогульский — 36₃¹², Сумсарский — 36₃¹³, Джумгольский — 36₃¹⁴, Кочкорский — 36₃¹⁵, Атбашинский — 36₄³ и др.) и двухъярусного (Семизбельский, Конурленский, Сонкельский, Болгартский и др.) строения. В континентальных отложениях внутригорных артезианских бассейнов, как правило, заключены пресные и солоноватые гидрокарбонатно-сульфатные натриевые и магниевые-натриевые воды. Однако в тех бассейнах, где в разрезе имеются соленосные толщи континентального происхождения (Токтогульский, Джумгольский, Иссык-Кульский и др.), встречаются рассолы с минерализацией до 270 г/кг. Мощность зоны пресных вод в этих бассейнах достигает 500 м и более. В некоторых бассейнах (Илийский и др.) к нижней части разреза приурочены термальные воды невысокой минерализации. Внутригорные бассейны обычно бессточные, водообмен возможен лишь в верхней части разреза.

Памирская сложная гидрогеологическая складчатая область (37) по геолого-структурным и гидрогеологическим особенностям делится на три области: Северо-, Центральную и Южно-Памирскую (37₁, 37₂ и 37₃) [2]. Границами между ними служат Центральная-Памирская (Акбай-тальский) и Гунтско-Аличурский тектонические разломы.

Для Памира в целом характерно повсеместное развитие только одного типа гидрогеологических структур — гидрогеологических массивов преимущественно с трещинно-жильными и трещинно-карстовыми скоплениями подземных вод. Водоносны различные изверженные, метаморфические и сильно метаморфизованные и дислоцированные осадочные и вулканогенные породы 1-го гидрогеологического этажа, слагающие горные хребты и высокогорные плато. Межгорные и внутригорные артезианские бассейны отсутствуют. Рыхлые осадочные образования мезокайнозойского возраста развиты здесь весьма ограниченно. Это моренные отложения, озерные глины и аллювиальные галечники, приуроченные к долинам рек и озерным впадинам, с порово-пластовыми подземными водами. Подземные воды обладают низкой минерализацией (0,1—0,6 г/кг). Дебиты источников и скважин от 0,1 до 10 л/с.

Ограниченно распространенные терригенно-карбонатные (морские и континентальные) отложения верхнемелового и палеогенового возраста содержат сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые подземные воды с минерализацией 0,5—0,8 г/кг. С вулканогенными породами палеогена и мела (Юго-Восточный Памир) связаны трещинно-жильные воды (источник Бахмыр). Воды термальные (27—40°С), слабосоленоватые (3,7 г/кг), гидрокарбонатные натриевые, углекислые.

Юрские осадочные, местами карбонатные и вулканогенные образования довольно широко представлены в Центрально-Памирской области. К карбонатным породам приурочены трещинно-карстовые подземные воды с минерализацией 0,1—0,5 г/кг. Температура вод от 4 до 65°С. Дебиты источников от 0,1 до 30 л/с.

Значительно шире в Северо- и Центрально-Памирской областях распространены пермо-триасовые осадочные и вулканогенно-осадочные породы, к которым приурочены пластово-трещинные и трещинно-жильные подземные воды. Температура вод от 5 до 45°С. Дебиты источников 0,1—3 л/с. С каменноугольными терригенными и вулканогенными образованиями, повсеместно распространенными в Северо- и Центрально-Памирской областях, связаны многочисленные источники с пресной водой (0,1—0,5 г/кг). Подземные воды осадочных метаморфизованных пород ордовика, силура и девона (Северный Памир) пресные (0,1—0,5 г/кг); дебиты источников 0,1—3 л/с.

Источники, вытекающие из метаморфических пород докембрия (Юго-Западный Памир), холодные (3—6°С), с водой сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого состава. В зонах тектонических разломов встречаются холодные и горячие (от 13 до 62°С) углекислые источники хлоридно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого или сульфатно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава.

На Юго-Западном Памире широко представлены интрузивные породы в основном кислого и среднего состава. Значительно реже выходы интрузий встречаются в других областях. Холодные и термальные (от 4 до 77°С) источники, приуроченные к гранитоидам, имеют различные дебиты: от 0,1 до 3 л/с в зоне региональной трещиноватости до 2—4 л/с в зонах тектонических разломов.

На Памире имеется большое количество минеральных источников — углекислых (холодных и термальных) и кремнистых азотных терм. Встречаются источники с водой весьма специфического состава. Так, у оз. Сасыколь находится источник с хлоридно-карбонатной натриевой водой, содержащей до 350 мг/кг метаборной кислоты при минерализации 115 г/кг. В самом же озере, глубиной до 3,7 м, минерализация воды в придонной части достигает 270 г/кг. По солевому составу вода озера также хлоридно-карбонатная натриевая, содержит бром, бор, фтор (до 460 мг/кг) и мышьяк (до 10 мг/кг) [4]. Следует отметить, что широко развитая на Памире многолетняя мерзлота оказывает определенное влияние на формирование подземных вод этой высокогорной области.

Заканчивая краткую характеристику гидрогеологических структур Средней Азии и Западного Казахстана, можно сделать следующие выводы:

Артезианские бассейны описываемой территории подразделены на шесть типов.

1. Большинство артезианских бассейнов (Каракумский, Северо-Устюртский, Южномангышлакско-Устюртский и др.) с нормальным гидрохимическим разрезом. Минерализация подземных вод в них увеличивается сверху вниз, вплоть до фундамента, от 1—10 до 200 г/кг и более, причем соответственно происходит закономерная смена химического состава вод от сульфатно-хлоридных к хлоридным натриевым и кальциево-натриевым. Одновременно в водах увеличивается содержание брома (до 450—550 мг/кг), йода (до 12—25 мг/кг) и бора. Изменяются с глубиной и растворенные газы — от кислородно-азотных до азотно-метановых и метановых.

Пресные воды, пригодные для водоснабжения, встречаются в коллювиальных отложениях восточного чинка Устюрта, в районах развития песчаных массивов (линзы пресных вод). Подземные воды юрских отложений с высокими концентрациями таких микроэлементов, как бром, йод, бор и другие, относятся к промышленным, однако эксплуатация их экономически не целесообразна из-за низкой водообильности пород. Термальные йодо-бромные рассолы при соответствующем разбавлении могут использоваться в бальнеологических целях.

2. Артезианские бассейны также с нормальным гидрохимическим разрезом, но со значительно меньшей амплитудой изменения минерали-

зации подземных вод (от 1—3 до 10—35 г/кг) и несколько иным химическим составом — от гидрокарбонатно-сульфатных смешанного катионного состава до сульфатно-хлоридных и хлоридных натриевых. Содержания микроэлементов в водах невелики: брома до 25 мг/кг, йода до 1—2 мг/кг (Сырдарьинский и Зеравшанский бассейны). Газовый состав подземных вод меняется с глубиной от кислородно-азотного до азотного. В отдельных случаях отмечается незначительная примесь метана.

Артезианские бассейны сырдарьинского типа богаты пресными и слабосоленоватыми водами (0,5—3 г/кг), пригодными для водоснабжения. Широкие возможности имеются и для использования подземных вод в теплоэнергетических и бальнеологических целях.

3. Артезианские бассейны, в которых нормальный гидрохимический разрез нарушается из-за наличия в осадочном чехле соленосных толщ с приуроченными к ним крепкими и сверхкрепкими рассолами специфического химического состава (Северо-Прикаспийский, Бадхыз-Карабийский, Восточно-Заунгузский и Афгано-Таджикский). Рассолы содержат высокие концентрации брома (до 3—12 г/кг), бора (до 2—3 г/кг B_2O_3) и йода (до 40 мг/кг). Подземные рассолы верхнемелового и палеогенового возраста Афгано-Таджикского бассейна богаты и другими промышленно-ценными химическими элементами. Термальные воды можно использовать как источник тепла. Пресные воды, пригодные для водоснабжения, имеются в предгорных частях артезианских бассейнов, а также залегают в виде линз под песчаными массивами.

4. Артезианские бассейны, обладающие инверсионным гидрохимическим разрезом (Западно-Туркменский бассейн и др.). Подземные воды бассейнов отличаются высокими содержаниями йода (до 30—40 мг/кг), брома (до 300 мг/кг) и бора, иногда цинка, свинца и др. Состав растворенных газов (за исключением четвертичных отложений) почти повсеместно азотно-метановый и метановый. Эти рассолы можно использовать для извлечения названных химических элементов, а также в теплоэнергетических и бальнеологических целях. Пресные воды встречаются эпизодически в виде маломощных подпесчаных линз.

5. Межгорные артезианские бассейны со сложной инверсией гидрохимического разреза. Примером может служить Ферганский бассейн.

6. Краевые, предгорные части платформенных артезианских бассейнов (Приташкентский, Восточно-Чуйский и др.), для которых характерно развитие мощной зоны интенсивного водообмена с пресными водами (до 2000 м и более).

Гидрогеологические адмассивы Средней Азии и Западного Казахстана по гидродинамическим и гидрохимическим особенностям подразделяются на три типа:

а) Промытые структуры с мощной зоной интенсивного водообмена (Центрально-Копетдагский и Кугитанг-Тау). В глубоких частях разреза преобладают солоноватые подземные воды (до 10 г/кг, редко выше).

б) Непромытые структуры, в которых зона интенсивного водообмена с пресными водами практически отсутствует (Западно-Копетдагский, Кафирниганский, Обигармский и др.). В геологических разрезах указанных адмассивов значительное место занимают глинистые водоупорные толщи, иногда соленосные отложения. По гидрохимическим особенностям адмассивы этого типа близки к артезианским бассейнам. Вниз по разрезу солоноватые и соленые воды сменяются рассолами, содержащими в больших количествах разнообразные промышленно-ценные химические элементы.

в) Слабопромытые структуры. Зона пресных вод обычно небольшой мощности. В разрезе преобладают солоноватые воды, сменяющиеся на глубине солеными, а в отдельных случаях — весьма слабыми рассолами (Горномангышлакский, Туаркырский, Кубадаг-Большебалханский и др.).

В адмассивах 1-го типа имеются большие возможности использования пресных вод для водоснабжения и минеральных вод — в лечебных целях. Из подземных вод, приуроченных к гидрогеологическим адмассивам 2-го типа, привлекают внимание соленые и рассольные воды, которые можно использовать для извлечения промышленно-ценных элементов и для лечебных целей.

Все гидрогеологические массивы горных сооружений Тянь-Шаня и Памира, являющиеся в гидрогеологическом отношении открытыми структурами, богаты пресными подземными, а также лечебными минеральными водами (углекислыми и азотными), многие из которых являются термальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР. В 50-ти т. Глав. ред. А. В. Сидоренко. Т. 35, 1971, 373 с.; т. 36, 1970, 472с.; т. 38, 1972, 565 с.; т. 39, 1971, 472 с.; т. 40, 1971, 487 с.; т. 41, 1972, 472 с. М., «Недра».
2. Митгарц Б. Б., Толстихин Н. И. Гидрогеологическое районирование Средней Азии. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1961, т. 61, с. 49—76.
3. Островский Л. А., Фомин В. М. Подземные воды равнинной части Средней Азии. М., «Недра», 1969, 212 с.
4. Сердюк Я. Я. Типы минеральных вод Памира и их территориальное размещение. — В кн.: Подземные воды Таджикистана и их мелиорация. Душанбе, 1967, с. 259—271.
5. Славянова Л. В., Галицын М. С. Микрокомпоненты в подземных водах Прикаспийской впадины и прилегающих к ней районов юго-востока Русской платформы. М., «Недра», 1970, 172 с.

Е. Е. Белякова

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ КАЗАХСТАНА

На территории Казахстана широко распространены разнообразные гидрогеологические структуры, сформировавшиеся в течение длительной геологической истории под воздействием тектонических и сопровождающих их процессов различных фаз складчатости начиная от древнейших и кончая альпийскими. В результате этого породы претерпели разнообразные изменения, определившие их разную водоносность.

По характеру водоносности породы Казахстана можно подразделить на несколько типов. Они приурочены к разным геолого-гидрогеологическим ярусам: I — гнейсово-сланцевому с линзами мраморов ($AR - O_1$), содержащему трещинные, трещинно-жильные, реже трещинно-карстовые скопления подземных вод; II — терригенно-карбонатному ($E - O_2$), содержащему трещинные, трещинно-карстовые и трещинно-жильные скопления подземных вод; III — терригенно-вулканогенному ($O_2 - D_{3fr}$), содержащему трещинные, преимущественно трещинно-жильные скопления подземных вод; IV — карбонатно-лагунно-вулканогенно-терригенному ($D_{3lm} - P$) с разнообразными (трещинно-жильными, трещинно-карстовыми, пластово-трещинными, пластово-трещинно-карстовыми и трещинными) скоплениями подземных вод; V — карбонатно-терригенному ($J - P$) с трещинно-пластовыми, порово-трещинно-пластовыми, порово-пластовыми и карстово-трещинно-пластовыми скоплениями подземных вод; VI — терригенному ($N - Q_{IV}$) с порово-пластовыми скоплениями подземных вод. В I, III и IV геолого-гидрогеологических ярусах широко распространены интрузивные образования, содержащие трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод. Наличие или отсутствие названных ярусов послужило основным признаком для выделения описанных ниже гидрогеологических структур. При описании структур были использованы тома «Гидрогеологии СССР» [2] и более поздние публикации [1, 3, 4, 5, 6].

На территории Казахстана выделен ряд гидрогеологических складчатых областей (см. карту), в пределах которых формирование подземных вод обусловлено сходными природными условиями: Северо-Казахстанская (8), объединяющая систему гидрогеологических структур разного типа Северного Казахстана и Арганты-Улутауского района; Чингиз-Тарбагатайская (9), объединяющая систему гидрогеологических массивов Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория; Джунгаро-Балхашская (10), объединяющая систему гидрогеологических структур Центрального Казахстана и северного склона Джунгарского Алатау; Рудно-Алтайская (48), объединяющая систему гидрогеологических структур Алтайского свода и Зайсанской складчатой системы; Алаколь-Балхашская артезианская область (V) и Сарысу-Чуйско-Тургайская система артезианских бассейнов, входящая в Арало-Каспийскую артезианскую область.

Границы названных гидрогеологических складчатых областей тектоно-геоморфологические — это зоны долгоживущих разломов и смятия

(Иртыш-Зайсанская, Северо-Восточная, Спасская, Центрально-Казахстанская и др.) или региональные водоразделы (Сарысу-Балхашский, Балхаш-Иртышский, Сарысу-Тенгизский, Балхаш-Иссыккульский и др.).

Северо-Казахстанская гидрогеологическая складчатая область (8). В этой области выделены четыре типа гидрогеологических структур: гидрогеологические массивы, адмассивы, адбассейны и внутригорные артезианские бассейны (см. карту).

Гидрогеологические массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод развиты в породах I и III ярусов. В пределах массивов встречаются мелкие адбассейны трещинных, пластово-трещинно-карстовых и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах IV яруса. Водоносность пород в среднем слабая, усиливающаяся в зонах разломов и активных контактов интрузивов с вмещающими их породами. Дебит родников вне зон разломов в среднем 0,3 л/с, в разломах около 2 л/с; средний удельный дебит скважин вне зон разломов 0,3 л/с, а в зонах разломов до 1,0 л/с. Наиболее водообильны кристаллические породы архея — кембрия и гранитоиды.

На поднятых в рельефе частях массивов развиты очень пресные и пресные воды, преимущественно гидрокарбонатные, разнообразного катионного состава или смешанные по анионам и катионам, в гранитах — часто натриевые. Мощность зоны пресных вод около 100—150 м. На склонах массивов и низкогорных плато на глубинах более 150 м развиты воды слабосолоноватые (до 3 г/кг), а под покровом наносов и в межсочных понижениях — слабосоленые (3—5 г/кг) и среднесоленые (до 10 г/кг). Мощность зоны соленых вод 100—300 м. Ионный состав вод весьма разнообразен.

Адмассивы трещинно-карстовых, трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод выделены в сильно дислоцированных, сжатых в узкие складки и разбитых разломами породах III и нижней части IV ярусов. В клиньях и блоках пород верхней части I яруса имеются трещинно-жильные скопления подземных вод. Водоносность неравномерная, местами высокая (средний удельный дебит скважин около 1,3 л/с). Наиболее водоносны закарстованные породы (удельный дебит скважин до 10—12 л/с). До глубины 200—250 м развиты слабосолоноватые (до 3 г/кг), преимущественно гидрокарбонатные или смешанные по анионам, разнообразные по катионам подземные воды. В более глубоких частях адмассивов распространены смешанные по анионам и катионам слабосоленые воды (до 10 г/кг).

Адебассейны пластово-трещинных, пластово-трещинно-карстовых и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах IV яруса и местами трещинно-порово-пластовых скоплений вод в терригенных породах и образованиях кор выветривания V яруса характеризуются неравномерной водоносностью пород (удельный дебит скважин колеблется от 0,001 л/с, иногда ниже, до 31 л/с): очень высокой в закарстованных толщах и зонах разломов (средний удельный дебит скважин около 7 л/с) и низкой вне таких зон (около 0,3 л/с). По особенностям гидрогеологической стратификации и гидрохимической зональности различаются следующие разновидности адебассейнов.

1. Трехъярусные адебассейны с последовательной сменой вниз по разрезу водоносных горизонтов и комплексов VI, V и IV ярусов. Гидрохимическая зональность выражена нечетко. Широко развиты смешанные по анионам или сульфатные натриевые воды (система адебассейнов Арганты-Улутауского гидрогеологического массива, 8₇).

2. Двухъярусные адебассейны с последовательной сменой вниз по разрезу водоносных горизонтов и комплексов VI и IV ярусов. Пестрые по ионному составу и степени минерализации (от 0,5 до 90 г/кг) воды сменяются вниз по разрезу преимущественно смешанными по анионам и катионам и хлоридными натриевыми водами с минерализацией 10—

35 г/кг, а затем, судя по скважинам вблизи разломов, хлоридными натриевыми и смешанными по катионам крепкими рассолами с минерализацией до 140 г/кг. В зонах разломов на глубинах около 90 м скважинами вскрыты термальные рассолы (температура воды 36,4°С) с йодом и бромом. Минерализация воды 87,5 г/кг (Бестобинский — 8₉, Куланутпесский — 8₁₁ и др.).

3. Разнообразные по гидрогеологической стратификации двухъярусные адбассейны с последовательной сменой вниз по разрезу карбонатно-терригенного (V) и карбонатно-лагунно-вулканогенно-терригенного (IV) ярусов или одноярусные, сложенные породами IV яруса. Гидрохимическая зональность нормальная: гидрокарбонатные, преимущественно натриевые (в угленосных мульдах) или смешанные по катионам и кальциевые пресные (до 1 г/кг) и слабосоленоватые (до 3 г/кг) воды сменяются пестрыми по ионному составу слабосолеными (до 10 г/кг) и хлоридными натриевыми сильносолеными (до 35 г/кг) водами (Коскенгирский — 8₁₀ и др.).

Внутригорные артезианские бассейны (Тенгизский — 8₆, Карагандинский — 8₂) и другие содержат порово-пластовые скопления подземных вод в рыхлых отложениях VI яруса, порово-трещинно-пластовые — в слабоуплотненных, местами угленосных терригенных породах V яруса и пластово-трещинные — в уплотненных породах IV яруса. В более древних породах (III и I ярусы) развиты трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод.

Для бассейнов характерны следующие закономерности: а) гидравлическая разобщенность водоносных горизонтов VI яруса с водоносными комплексами нижележащих ярусов в центральных частях Тенгизской впадины и гидравлическая связь между водами всех ярусов в краевых частях этого бассейна, а также повсеместно в сильно дисъюнктивно нарушенных сложных синклинирных структурах; б) широкий диапазон колебания удельного дебита скважин (от 0,002 до 15 л/с) как в породах одного и того же яруса, так и по разрезу бассейнов в целом; в) сложная латеральная и вертикальная гидрохимическая зональность: развитые вблизи поверхности земли разнообразные по ионному составу и степени минерализации воды (от 1 до 70—80 г/кг) на глубинах около 0 абсолютной высоты сменяются последовательно слабосоленоватыми (до 3 г/кг), слабосолеными (до 10 г/кг) и сильносолеными (до 35 г/кг) водами в Карагандинском или сильносолеными (до 35 г/кг), рассольными (70—270 г/кг) водами в Тенгизском бассейне. В Майкюбинском бассейне воды ниже уровня моря не изучены.

В недрах бассейнов имеются термальные хлоридные натриевые и хлоридные смешанные по катионам, углекисло-азотные, метаново-азотные и азотные рассолы с йодом, бромом, CO₂, SiO₂, железом, иногда с H₂S. Такие воды вскрыты скважинами на глубинах 1375 и 1455 м в Карагандинском и Тенгизском бассейнах.

Чингиз-Тарбагатайская гидрогеологическая складчатая область (9). Главным типом гидрогеологических структур этой области являются гидрогеологические массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах I, III и IV ярусов, а также в магматических породах разного возраста и разнообразного состава (от габброидов до лейкогранитов).

Водоносность гидрогеологических массивов в целом слабая (средний удельный дебит скважин около 0,06 л/с, средний дебит родников 0,5 л/с), усиливающаяся заметно на участках интенсивного проявления герцинского интрузивного магматизма и тектонических нарушений (средний удельный дебит скважин 1,6 л/с, средний дебит родников 2,6 л/с). Наиболее водоносны (удельный дебит отдельных скважин до 6 л/с) интрузивные породы очагов магматизма длительного развития, что особенно характерно для Кайнар-Шаганского массива (9₄). Хими-

ческий состав вод разнообразен. В Тарбагатайском массиве (9₃) широко развиты очень пресные (до 0,5 г/кг) и пресные (до 1 г/кг) воды разнообразного ионного, особенно катионного, состава (мощность зоны пресных вод до 1 км).

В пределах Чингизского (9₁) и Кайнар-Шаганского (9₄) массивов на поднятых в рельефе участках развиты очень пресные (до 0,5 г/кг) и пресные (до 1 г/кг) преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и смешанные по катионам воды (мощность зоны пресных вод до 300 м). На горных склонах развиты слабосолоноватые воды подзоны Б₃. Мощность пояса пресных и слабосолоноватых вод (А_{0,5}, А₁, Б₃) от 100 до 200 м. Характерной особенностью химического состава вод этих массивов является обогащенность нитрат- и нитрит-ионами, а на отдельных участках — аммонием и калием.

Джунгаро-Балхашская гидрогеологическая складчатая область (10). Сложность геологического строения и гидрогеологической стратификации этой области обуславливает развитие в ней разнообразных по типу гидрогеологических структур. Преимущественным развитием пользуются здесь гидрогеологические массивы. По характеру водоносности различаются четыре разновидности.

1. Массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в кристаллических образованиях I и в породах III ярусов, в интрузивных породах, преимущественно в гранитоидах, иногда в габброидах, а также массивы трещинных, карстово-трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах II яруса (Атасу-Тектурмасский — 10₁ и др.). Обводненность массивов неравномерная (дебит родников от 0,01 до 16 л/с, удельный дебит скважин от 0,001 до 6 л/с). Наиболее водоносны зоны дробления пород вблизи разломов с карбонатными (мраморы), местами закарстованными породами II яруса и с гранитоидными интрузивами, обновленными на среднегерцинском этапе магматизма (средний дебит родников 2,3 л/с, средний удельный дебит скважин 2,5 л/с, дебит отдельных родников до 15 л/с). Для них характерна латеральная гидрохимическая зональность. От центральных, наиболее приподнятых в рельефе частей горст-антиклинорий к их периферии в массивах, удаленных от региональных базисов стока, очень пресные и пресные воды с минерализацией 0,2—1 г/кг последовательно сменяются очень слабосолёными (минерализация до 3 г/кг) и слабосолёными (до 10 г/кг) водами, а вблизи базисов подземного стока слабосолёные воды (минерализация до 10 г/кг) сменяются сильносолёными (до 35 г/кг). Ионный состав вод разнообразен, растворенные в водах газы кислородно-азотные.

2. Массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах III яруса и в гранитоидных интрузивах герцинского этапа магматизма (Жаман-Сарысуйский — 10₇, Центрально-Казахстанский — 10₆ и др.). Они характеризуются пониженной водоносностью пород даже в зонах разломов. Средний удельный дебит скважин вне разломов 0,1 л/с, в разломах — 0,6 л/с; средний дебит родников вне зон разломов 0,4 л/с. Водоносность повышается в ряде случаев в пределах многофазных интрузивов, разбитых кольцевыми разломами позднегерцинского времени, залеченными пермскими малыми интрузивами лейкогранитов. Удельный дебит скважин 0,5—1,2 л/с. Преимущественным распространением пользуются очень слабо- и слабосолёные воды (минерализация от 3 до 10 г/кг) разнообразного ионного состава, часто смешанные по анионам и катионам, или сульфатные натриевые, реже хлоридные натриевые. Широко развиты аномальные по химическому составу воды (сульфатные кальциевые, гидрокарбонатные натриевые и др.), формирующиеся под влиянием особенностей минерального состава гидротермально- и контактово-измененных пород. Ионный и газовый состав подземных вод в зонах разломов различен. В зонах разломов обнаруже-

ны сульфатные натриевые, гидрокарбонатные натриевые и другие воды с углекисло-азотными (с метаном и тяжелыми углеводородами) газами, иногда с высоким содержанием радона и гелия.

3. Массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в интрузивах и вмещающих их породах III и IV ярусов (Успенско-Каркаралинский — 10₂, Курпетай-Нуртайский — 10₅ и др.). Они характеризуются высокой водоносностью интрузивных образований (средний дебит родников около 2 л/с, средний удельный дебит скважин 1,7 л/с), средней — вмещающих их пород в зонах разломов и контактов с интрузивами (удельный дебит скважин 0,3—0,5 л/с) и низкой — вмещающих интрузивы пород вне разломов и контактов с интрузивами (удельный дебит скважин в среднем 0,03 л/с). В них преимущественно распространены пресные воды с минерализацией до 1 г/кг, весьма разнообразные по ионному, особенно по катионному составу, углекисло-азотные в разломах и в контактах интрузивных пород с вмещающими породами и углекисло-кислородно-азотные за их пределами [2].

4. Массивы трещинных, трещинно-карстовых и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах IV и II ярусов, а также трещинных и трещинно-жильных скоплений в породах III, местами в сильно метаморфизованных образованиях I яруса и в гранитоидах герцинского, реже каледонского времени (Текели-Хоргосский — 10₉ и другие массивы джунгарской части рассматриваемой области). Массивы этой разновидности отличаются повышенной водоносностью (средний дебит родников 20 л/с, средний удельный дебит скважин около 1,5 л/с). Наиболее водообильны породы IV яруса (дебит родников 2,5—45 л/с вне разломов и 8—50 л/с в зонах разломов); другие породы менее водообильны. Широко развиты здесь очень пресные (до 0,5 г/кг) и пресные (до 1 г/кг) гидрокарбонатные, преимущественно смешанные по катионам или кальциевые воды. В недрах девон-каменноугольных мульд, части которых сохранились в тектонических клиньях, вероятно присутствие слабосолоноватых (минерализация до 3 г/кг) вод. С зонами разломов связаны термальные хлоридно-гидрокарбонатные натриевые азотные, углекисло-водородно-азотные, иногда с H₂S и радоном, подземные воды.

В водах массивов второй и четвертой разновидности обнаружены минеральные радоновые воды соответственно холодные (куинские) и термальные (хоргосские, большеусекские, ойсазские, капал-аранские).

Вторым важным типом гидрогеологических структур этой области являются адбасейны трещинных, трещинно-пластовых, иногда пластово-трещинно-карстовых, а также трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах IV яруса. По условиям залегания водоносных пород и характеру водоносности различаются четыре разновидности адбасейнов:

1. Одноярусные адбасейны, унаследовавшие синклинорную структуру раннегерцинского этапа. Пластово-трещинные скопления подземных вод, как и трещинные и трещинно-жильные, связаны с терригенно-вулканогенными породами IV яруса. В герцинских интрузивах и в подстилающих адбасейны породах III яруса развиты трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод. Порово-пластовые скопления распространены локально (в понижениях доверхнеолигоценового рельефа и в долинах крупных рек) в рыхлых образованиях VI яруса (например, Токрауский — 10₄).

Водоносность пород переменная: высокая в зонах разломов (дебит родников 0,2—2 л/с, в гранитах до 9 л/с; удельный дебит скважин 0,3—16 л/с, иногда до 18 л/с) и низкая вне их (дебит родников 0,01—1,0 л/с, удельный дебит скважин 0,006—0,4 л/с). Водоносность пород VI яруса весьма разнообразна: удельный дебит скважин колеблется от 0,001 до 8 л/с. Гидрохимическая зональность сложная. На участках, удаленных

от региональных базисов стока, она нормальная — пресные воды (минерализация до 1 г/кг) сменяются по вертикальному разрезу очень слабосолеными (до 3 г/кг). Мощность пояса таких вод 0,3 км. Вблизи региональных базисов стока разнообразные по минерализации воды (от пресных до сильносоленых) вниз по разрезу сменяются слабосолеными водами (минерализация до 10 г/кг). В понижениях доверхнеолигоценового рельефа воды пестрые по минерализации (1—35 г/кг) вниз по разрезу сменяются то очень слабосолеными (минерализация до 3 г/кг), то слабосолеными (минерализация до 10 г/кг).

2. Одноярусные адбассейны наложенных фаменско-турнейских мульд в терригенно-карбонатных породах IV яруса. В них наряду с трещинными и трещинно-жильными скоплениями подземных вод развиты пластово-карстово-трещинные. В гранитоидах и подстилающих мульды породах III яруса развиты трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод. Так же, как и в адбассейнах первой разновидности, порово-пластовые скопления вод связаны с рыхлыми отложениями VI яруса. Мощность отложений этого яруса колеблется в широких пределах (от 0,5 и менее до 120 м и более). На отдельных участках с ним связаны своеобразные бассейны порово-пластовых грунтовых, иногда напорных подземных вод (Атасуйский — 10₂₇). К этой разновидности относятся Жайльминский — 10₁₈, Саякский — 10₁₃ и другие мелкие адбассейны. Дебит родников от 0,001 до 27 л/с, средний удельный дебит скважин около 0,6 л/с. Удельный дебит скважин, вскрывших воды в породах VI яруса в Жайльминском адбассейне, 0,01—4,5 л/с. Минерализация вод изменяется от 0,1 до 18 г/кг. Порово-пластовые воды VI яруса еще более разнообразны по минерализации (0,2—93 г/кг), что обусловлено как подтоком соленых вод из недр адбассейна, так и действием испарительной концентрации в условиях аридного климата.

3. Двухъярусные адбассейны сложной структуры. Отличаются от ранее рассмотренных развитием пластово-трещинно-карстовых скоплений подземных вод в преимущественно карбонатных породах IV яруса и пластово-трещинных скоплений в терригенных породах III яруса. Водоносность пород неравномерная. Наиболее водоносны закарстованные известняки (дебит родников от 0,8 до 17 л/с, удельный дебит скважин от 0,03 до нескольких десятков литров в секунду). Маловодоносны терригенные образования (дебит родников 0,02—1 л/с, удельный дебит скважин 0,001—1 л/с). Воды с минерализацией до 10 г/кг вниз по разрезу сменяются водами с минерализацией до 3 г/кг, а затем снова до 10 г/кг. В зонах разломов минерализация вод изменяется на коротких расстояниях и в широких пределах — от 0,1 до 5 г/кг.

4. Трехъярусные адбассейны внутригорных впадин. Они содержат порово-пластовые воды в терригенных образованиях VI и V ярусов, порово-трещинно-пластовые в лагунно-терригенных (с линзами каменной соли мощностью до 800 м) породах IV яруса и пластово-трещинные, местами карстовые в карбонатных породах того же яруса. Наряду с пластовыми водами в породах IV яруса развиты трещинно-жильные скопления, которые, по-видимому, характерны и для нижележащих пород III яруса. Высока водоносность пород IV яруса в зонах разломов (удельный дебит скважин 2,5—6,1 л/с). Вне разломов она более низкая и разнообразная (удельный дебит скважин 0,03—0,4 л/с). Слабоводообильны отложения V и VI ярусов (удельный дебит скважин 0,003—1 л/с). Гидрохимическая зональность сложная. До глубины — 209 м развиты пестрые по минерализации воды: от 0,2 до 70 г/кг. Ниже по разрезу минерализация вод возрастает от 35 до 140 г/кг и более. Подземные воды адбассейнов холодные, весьма разнообразные по ионному составу и составу растворенных газов. В зонах разломов воды содержат углекисло-азотные и углекисло-кислородно-азотные газы со следами углеводородных газов и с гелием.

Северо-Тяньшаньская гидрогеологическая складчатая область (36₃⁹). Для этой области характерно сочетание трех типов структур — гидрогеологических массивов, адмассивов и внутригорных артезианских бассейнов. Различаются три разновидности гидрогеологических массивов.

1. Низко- и среднегорные гидрогеологические массивы трещинных и трещинно-жильных, иногда карстово-трещинных скоплений подземных вод в породах IV и V ярусов и преимущественно трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах I яруса. В гранитоидах содержатся трещинные и трещинно-жильные скопления вод (например, Кендыктаский массив — 36₄). В рыхлых образованиях VI яруса содержатся порово-пластовые скопления вод, гидравлически связанные с трещинными скоплениями вод массивов. Наиболее водоносны породы IV (дебит родников до 10—20 л/с) и II (дебит родников 1,5—7,0 л/с) ярусов в зонах разломов. Тектонически не нарушенные породы и рыхлые отложения VI яруса, как правило, слабоводоносны (дебит родников от нескольких сотых до 1,5 л/с). Преимущественным распространением пользуются воды с минерализацией до 3 г/кг.

2. Высокогорные гидрогеологические массивы трещинных и трещинно-жильных, иногда трещинно-карстовых скоплений подземных вод в разнообразных (карбонатных, эффузивных, осадочно-пирокластических и терригенных) породах IV яруса, трещинных и трещинно-жильных скоплений вод в метаморфических толщах низов III яруса, а также в интрузивных породах. Значительные порово-пластовые скопления подземных вод находятся здесь в щебнистых гляциальных и флювиогляциальных образованиях VI яруса. Водоносность пород очень высокая (дебит родников до 52 л/с и более). Водоносность пород III и I ярусов, а также интрузий ниже (дебит родников 0,5—7,0 л/с). Особенно водообильны породы всех ярусов в зонах разломов. Воды пресные с минерализацией 0,06—1,3 г/кг, гидрокарбонатные кальциевые или смешанные по катионам. Мощности зоны пресных вод, по-видимому, более 1 км (например, Копыл-Терский массив — 36₃).

3. Высокогорные гидрогеологические массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в метаморфических породах низов III и в кристаллических образованиях I яруса с наложенными местами мелкими адбассейнами. В адбассейнах порово-пластовые и трещинно-порово-пластовые скопления подземных вод связаны с породами V яруса, порово-пластовые сосредоточены в валунно-дресвяно-щебенистых образованиях VI яруса. Водоносность пород переменная. Дебит родников изменяется от нескольких сотых (метаморфические породы) до 24 л/с (гранитоиды). Наиболее водоносны скальные породы вблизи разломов, обновленных альпийским орогенезом, и рыхлые образования VI яруса (дебит родников до 35 л/с и более).

Воды массивов пресные (0,05—1 г/кг), в разломах слабосоленоватые (до 1,7 г/кг), а в адбассейнах от пресных до очень слабосоленых (0,4—5 г/кг). В зонах разломов вблизи гранитоидных интрузий известны выходы термальных минеральных вод (Талгарское, Алма-Арасанское, Горельникское месторождения) с фтором, радоном, кремневой кислотой и другими специфическими компонентами. В пределах массивов второй и третьей разновидностей большие запасы природных вод сосредоточены в виде ледников и снежников. Водоносность пород подвержена сезонным изменениям (например, Алатауский массив — 36₁ и др.).

В Каратауском адмассиве (36₆) в карбонатно-терригенных и лагунных породах IV яруса, а также в массивных известняках и доломитах II яруса господствуют трещинные, трещинно-жильные и трещинно-карстовые скопления подземных вод. Трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод сосредоточены в терригенных породах III и в кристаллических образованиях I ярусов, а также в гранитоидах раз-

ного возраста. В тектонических клиньях развиты узкие линейные адбассейны порово-пластовых и трещинно-порово-пластовых скоплений подземных вод в уплотненных и рыхлых образованиях V яруса, а на северном склоне — и в рыхлых (суглинки) и уплотненных (линзы известковистых песчаников, конгломератов) породах VI яруса.

Водоносность адмассива очень высокая. Дебит источников от 0,01 до 1500 л/с. Удельный дебит скважин в закарстованных породах II яруса 9—11 л/с и более. Воды преимущественно пресные (0,1—1,0 г/кг), только в гипсоносных породах IV яруса минерализация вод доходит до 5 г/кг.

Внутригорные артезианские бассейны (Чарынский — 36₂ и др.) содержат порово-пластовые, иногда (Илийский — 36₅) трещинно-порово-пластовые скопления подземных вод в отложениях V яруса, среди которых здесь встречаются линзы и прослои гипса, и в породах VI яруса. Суммарная мощность пород этих ярусов в центральных частях бассейнов более 3 км, в краевых частях она снижается до нескольких сотен и местами десятков метров. В этих структурах воды VI и V ярусов гидравлически разобщены из-за наличия в кровле V яруса мощных водупорных глин. В то же время между водами VI и V ярусов и водами гидрогеологических массивов существует гидравлическая связь по древним конусам выноса. Водоносность пород очень разнообразна: средний удельный дебит скважин из пород VI яруса 2,4 л/с, а из V — 0,3 л/с; отдельные скважины при самоизливе дают до 30 (VI ярус) и 70 л/с (V ярус). Дебит скважин из палеозойских пород (IV ярус) при самоизливе 0,03—0,4 л/с, а суммарный дебит родников на отдельных участках до 500 л/с. Весьма разнообразен также ионный состав подземных вод. Гидрохимическая и гидротермальная зональности сложные [5, 6]. В одних бассейнах наблюдается нормальная гидрохимическая зональность и аномальная гидротермическая со сменой вниз по разрезу холодных, теплых и горячих пресных вод с минерализацией до 1 г/кг (подзона А₁ мощностью до 2,5 км) очень горячими водами с последовательной возрастающей минерализацией до 3—35 г/кг, а в наиболее глубоких частях бассейнов (по геофизическим данным), по-видимому, и до 70 г/кг (Чарынский — 36₂). В других бассейнах наблюдается инверсионная гидрохимическая зональность и аномальная гидротермическая с последовательной сменой вниз по разрезу пестрых по минерализации (от 0,3 до 82 г/кг) холодных вод пресными (0,2—0,4 г/кг) холодными и снова пестрыми (с минерализацией 0,2—55 г/кг), не только холодными, но и термальными (Илийский — 36₅). В глауберито-доломито-галитовых отложениях миоцена формируются термальные крепкие рассолы, выходящие на поверхность вблизи разломов в виде восходящих источников. В недрах бассейнов распространены воды с азотными и метаново-азотными газами, содержащими иногда до 7—8% тяжелых углеводородов, с йодом, бромом, фтором и, по-видимому, с кремневой кислотой.

Рудно-Алтайская гидрогеологическая складчатая область (48). Главными типами гидрогеологических структур этой области являются гидрогеологические массивы, адмассивы и внутригорные артезианские бассейны. Гидрогеологические массивы характеризуются трещинными и трещинно-жильными скоплениями подземных вод в метаморфизованных осадочных и в магматических породах III яруса (Алейско-Синюшинский — 48₃ и др.). Водоносность массивов слабая. Средний удельный дебит скважин в разломах около 0,5 л/с, а в ненарушенных породах не более 0,1 л/с; удельный дебит отдельных скважин в зонах разломов, перекрытых отложениями VI яруса, до 15 л/с. Воды преимущественно пресные, в разломах слабосоленые (3—5 г/кг), различного ионного состава. Вблизи скрытых рудных тел обнаружены захороненные крепкие рассолы (до 220 г/кг) неясного анионного состава, железоалюминиевые, очень кислые (Алейско-Синюшинский — 48₃). В пределах массивов из-

вестны радоновые, железистые, мышьяковистые холодные минеральные воды.

Адмассивы характеризуются распространением трещинных, трещинно-жилых и пластово-трещинных скоплений подземных вод преимущественно в терригенных и вулканогенных породах IV яруса. Имеются две разновидности адмассивов.

1. Одноярусные, с небольшими массивами трещинных и трещинно-жилых скоплений подземных вод в магматических (туфы, лавы, гранитоиды) породах (Белоубинско-Быструшинский — 48₁). Водоносность средняя, пестрая, но наибольшая в зонах разломов. Удельный дебит скважин от 0,03 до 18 л/с. Воды пресные (минерализация 0,1—0,9 г/кг), холодные.

2. Двухъярусные, с наложенными адбассейнами трещинно-пластовых скоплений подземных вод в метаморфизованных осадочных угленосных породах V яруса (Саур-Манракский — 48₄). Водоносность пород пестрая. Удельный дебит скважин от 0,0003 до 10 л/с. Наряду с пресными в наложенной части адбассейна встречаются слабосоленые (до 5 г/кг) воды, преимущественно холодные. На отдельных участках обнаружены теплые воды, обогащенные CO₂ (196—246 мг/л) и специфическими компонентами (H₂SiO₃, H₃BO₃, F и др.).

Внутригорные артезианские бассейны (Зайсанский — 48₉ и Чиликтинский — 48₅) содержат порово-пластовые скопления подземных вод в терригенных отложениях V и VI ярусов. Трещинно-жилые и трещинные скопления подземных вод находятся в терригенных вулканогенных образованиях фундамента бассейнов, относящихся, по-видимому, к верхам IV яруса. Для этих структур характерна гидравлическая разобщенность между водоносными толщами VI и V ярусов в центральных частях бассейнов, где они разделены мощными толщами водоупорных глин, и в то же время гидравлическая связь между водами этих ярусов и трещинными водами палеозойского фундамента в краевых частях бассейнов. Водоносность бассейнов весьма неоднородна. Удельный дебит скважин изменяется от 0,001 до 3 л/с. Дебит скважин при самоизливе достигает 25 л/с (VI ярус) и 40 л/с (V ярус). Вертикальная гидрохимическая зональность этих структур сложная. До первого от поверхности земли водоупора развиты пестрые по минерализации (0,2—5 г/кг) и ионному составу воды. Под водоупором последовательно сменяются вниз по разрезу воды с минерализацией от 1 до 10 г/кг. Мощность пояса пресных и слабосоленых вод более 1,2 км. В кайнозойских отложениях, мощность которых в центральных частях бассейнов достигает 1500—2000 м (Зайсанский бассейн) и 600—700 м (Чиликтинский бассейн), развиты теплые воды.

Чуйско-Тургайская система артезианских бассейнов (IV) включает Чуйский, Сарысуйский и Тургайский сложные артезианские бассейны. Региональным базисом стока подземных вод этих бассейнов является впадина Аральского моря.

Сарысуйский бассейн (IV₈) содержит порово-пластовые скопления подземных вод в терригенных отложениях VI и V ярусов, а также трещинно-порово-пластовые скопления в терригенных соленосных породах верхов IV яруса. Гидрогеологические условия изучены до глубины 300—400 м (около —217 м абс. высоты). В этой части разреза бассейна почти повсеместно (за исключением долины р. Сарысу) наблюдается гидравлическая разобщенность между порово-пластовыми скоплениями подземных вод в отложениях VI яруса и скоплениями их в нижележащих отложениях. В долине р. Сарысу на ряде участков происходит инфильтрация речных вод в аллювиальные отложения или непосредственно в пески мела и имеется гидравлическая связь между водоносными горизонтами VI и V ярусов.

Обводненность отложений неравномерна. Удельный дебит скважин от 0,006 до 5 л/с. Наименее водоносны отложения верхнего мела и палеогена (удельный дебит скважин до 1,3 л/с). Ионный состав подземных вод пестрый. Минерализация их варьирует как по вертикальному разрезу, так и по латерали от 0,2 до 20 г/кг. Мощность зоны таких вод 100—200 м. Приблизительно от уровня моря и ниже наблюдается более четко выраженное возрастание минерализации вод с глубиной: слабосоленые воды (минерализация до 10 г/кг) сменяются солеными (до 35 г/кг) и, по-видимому, рассолами (до 70—140 г/кг), связанными с лагунными отложениями перми. Воды бассейна холодные.

Чуйский бассейн (IV₇) содержит порово-пластовые скопления подземных вод в терригенных, местами гипсоносных отложениях VI яруса, порово-пластовые и трещинно-порово-пластовые в терригенных, местами гипсосоленосных породах IV яруса. Этот бассейн отделен от Сарысуйского системой подземных водоразделов, структурно выраженных горст-антиклинорными выступами домезозойского фундамента, образовавшимися в период альпийского орогенеза. В современном рельефе водораздел выражен цепочкой возвышенностей (горы Джамбул, Курманиште, Кокчетау, Коктобе) по правобережью р. Чу. Поверхность домезозойского фундамента залегает здесь на уровне моря и выше: она погружается на юго-запад, в сторону долины р. Чу, до минус 200—500 м.

Чуйский бассейн имеет сложное строение. В его состав входят Западно-Чуйский бассейн (IV₇¹) 2-го порядка, Ащикольский (IV₇^{1a}) и Сузакский (IV₇^{1b}) бассейны 3-го порядка. В гидрогеологическом разрезе Западно-Чуйского бассейна отмечается отсутствие регионально выдержанных водоупоров и распространение мощных валунно-щебнистых образований вблизи горного обрамления, что обеспечивает взаимосвязь между водоносными горизонтами и комплексами внутри бассейна и участие инфильтрационных вод в формировании его водных ресурсов. Водоносность бассейнов в среднем высокая: средний удельный дебит скважин около 2 л/с при широком колебании водопритоков из отложений VI и V ярусов; удельный дебит скважин изменяется от 0,003 до 9 л/с, отдельные скважины имеют дебит при самоизливе до 30 л/с; дебит родников из обломочных образований VI яруса от 2 до 43,5 л/с. Диапазон колебания общей минерализации разнообразных по ионному составу подземных вод, распространенных выше отметки —100 м, по площади и по вертикальному разрезу центральных сухостепных и пустынных частей бассейна весьма широкий — от 0,2 до 60 г/кг, а ниже отметки —100 м от 3 до 10 г/кг. В предгорных частях бассейна (например, в Сузакском бассейне — IV₇^{1b}) мощность зоны пестрых вод сокращается, подзона очень слабосоленых вод (минерализация до 3 г/кг) выклинивается, что обусловлено интенсивным притоком пресных вод гидрогеологических массивов. Сокращение мощности зоны пресных вод и резкая смена их слабосолеными водами (минерализация до 10 г/кг) характерны для Ащикольского бассейна (IV₇^{1a}) и вызваны наличием в его складчатом основании галогенных отложений. Гидротермический режим бассейна аномальный. Теплые воды (22—30°С) вскрыты в интервале 300—600 м, а горячие (до 61°С) на глубинах более 800 м.

Тургайский бассейн (IV₉) содержит порово-пластовые скопления подземных вод в рыхлых отложениях VI яруса, порово-пластовые и порово-трещинно-пластовые скопления вод в терригенных и карбонатных (морских и континентальных) отложениях V яруса. В породах домезозойского фундамента, относящихся к разным ярусам, находятся трещинно-жилые, трещинные и местами пластово-трещинные скопления вод. Бассейн имеет сложное строение и подразделяется на два бассейна 2-го порядка (Западно- и Восточно-Тургайский) и ряд бассейнов 3-го и более высоких порядков.

Восточно-Тургайский бассейн (IV_9^1) характеризуется наличием блокового строения домезозойского фундамента и серий альпийских грабен-синклиналей, к которым приурочены артезианские бассейны 3-го порядка порово-пластовых и порово-трещинно-пластовых скоплений подземных вод в отложениях VI и V ярусов. Они наложены на захороненные бассейны трещинно-пластовых и пластово-трещинных скоплений подземных вод в породах IV яруса. На большей площади бассейна в породах домезозойского фундамента распространены трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод.

Значительная часть разреза бассейна изолирована от непосредственного влияния современных физико-географических факторов вследствие наличия мощных водоупорных пород в подошве VI и в кровле V ярусов.

Водоносность пород неравномерная, в целом невысокая (средний удельный дебит скважин около 0,4 л/с, максимальный 5 л/с из отложений верхнего мела). Выдержанная по простираанию водоносных пород зона пресных вод отсутствует. В южной и центральной частях бассейна широко распространены пестрые по ионному составу и степени минерализации (0,6—70 г/кг) подземные воды, а в других частях бассейна — слабосоленые (до 3—5 г/кг) разного химического состава.

Гидротермический режим недр бассейна различен. На западе, где на глубинах около 0,4 км вскрыты холодные соленые воды, он нормальный, а на востоке и юге бассейна, где на глубинах около 0,25 км и более (приблизительно на уровне моря) вскрыты скважинами теплые (22—29°С) соленые (минерализация до 20 г/кг) хлоридные и смешанные по анионам натриевые воды, аномальный.

Западно-Тургайский бассейн (IV_9^2) сложен породами складчатого домезозойского фундамента и отложениями конседиментационных структур мезокайнозойского покрова, с которыми связаны бассейны 3-го порядка. В этом бассейне распространены преимущественно порово-пластовые, реже трещинно-порово-пластовые скопления подземных вод в отложениях VI и V ярусов. В породах домезозойского фундамента, принадлежащих к III ярусу и более древним, развиты трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод.

Недра этого бассейна в разной степени изолированы от воздействия современных физико-географических факторов из-за сложного сочетания в разрезе водоносных и водоупорных пород. Водоносность пород VI и V ярусов варьирует в широком диапазоне. Удельный дебит скважин от 0,001 до 2 л/с. Ряд скважин при самоизливе дает до 15 л/с. Наиболее водоносны меловые отложения V яруса (удельный дебит скважин 0,1—2 л/с) и рыхлые песчано-галечниковые отложения (удельный дебит скважин местами до 1,4—1,5 л/с).

Ионный состав подземных вод весьма разнообразен, а латеральная и вертикальная гидрохимическая зональность имеет мозаичный характер.

Гидротермический нормальный режим нарушается только вблизи региональных разломов, где на глубинах 0,5 км (минус 240—250 м) появляются теплые (27,6°С) воды.

В отдельных бассейнах 3-го порядка формируются подземные воды холодные гидрокарбонатно-хлоридные натриевые щелочные, содержащие железо, марганец, фтор и другие элементы (челкарские минеральные воды).

Алаколь-Балхашская артезианская область (V). Водоносность пород в бассейнах этой области изучена до глубины около 300 м (Лепсинский — V_2), 600 м (Южно-Балхашский — V_3) и 550 м (Алакольский — V_1). Порово-пластовые скопления подземных вод связаны с валунно-щебнистыми, песчаными и другими отложениями VI яруса; глинистые разности отложений этого яруса загипсованы и засолены. Порово-пластовые и трещинно-порово-пластовые скопления вод имеются в

терригенных породах V яруса; трещинные и трещинно-жильные скопления вод вскрыты в породах III яруса, слагающего фундамент бассейнов.

Для изученной части разреза бассейнов характерна максимальная сосредоточенность запасов подземных вод в мощных валуно-щебнистых образованиях конусов выноса. Суммарный дебит локально сосредоточенных родников из конусов выноса 100—150 л/с (Алакольский бассейн — V_1); удельный дебит скважин до 11 л/с (Лепсинский бассейн — V_2). Обводненность других разностей водовмещающих пород VI и V ярусов неравномерная. Удельный дебит скважин колеблется от 0,001 до 15 л/с, иногда более (VI ярус) и от 0,001 до 1,1 л/с (V ярус). Наблюдается латеральная взаимосвязь между пластовыми скоплениями подземных вод в отложениях VI и V ярусов и трещинными, трещинно-жильными их скоплениями в прилегающих к бассейнам гидрогеологических массивах. Подземные воды VI яруса изолированы от нижележащих благодаря почти повсеместному распространению в подошве VI и кровле V ярусов мощных водоупорных глин. Гидрохимическая зональность сложная. Характер ее в разрезе бассейнов до глубины минус 130—200 м изменяется от краевых частей к центральным. В этом направлении пресные воды сменяются очень слабо солеными (до 3 г/кг), а затем разнообразными по минерализации (0,3—50 г/кг). В центральных частях бассейнов гидрохимическая зональность инверсионная: воды пресные с минерализацией до 1 г/кг залегают ниже вод с минерализацией до 3 г/кг, или нормальная сокращенная: ниже вод с минерализацией 3 г/кг вскрыты соленые воды с минерализацией до 10 г/кг. Зона пресных вод развита локально. В недрах бассейнов (на глубинах 1,4 км и более) отмечено наличие теплых (23—25°С) радоновых вод с кремневой кислотой, мышьяком, фтором, бромом, йодом, бором, иногда с H_2S (Барлыкские, Айна-Булакские месторождения).

Заканчивая краткую характеристику основных гидрогеологических структур Казахстана, можно сделать следующие выводы.

1. Разнообразные по типу скоплений подземных вод гидрогеологические структуры территории Казахстана содержат пресные и слабосоленые воды, пригодные для питьевого, сельскохозяйственного и технического водоснабжения. Наиболее широко распространены пресные подземные воды в гидрогеологических массивах и во внутригорных артезианских бассейнах гидрогеологических областей, на водоносность структур которых оказали влияние эпиплатформенные тектоно-магматические процессы альпийского орогенеза и интенсивный денудационно-эрозионно-аккумулятивный режим.

2. Обращает на себя внимание широкий диапазон колебания водоносности пород гидрогеологических структур разных типов. Наиболее водоносны гидрогеологические массивы сложного строения с наложенными мелкими адбассейнами пластово-трещинно-карстовых скоплений подземных вод в породах III яруса, адмассивы трещинно-карстовых скоплений вод в карбонатных породах этого же яруса и в массивных известняках и доломитах II яруса, массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в многофазных интрузивах герцинского тектоно-магматического этапа. Водоносность гидрогеологических структур усиливается в зонах разломов. Наиболее водоносны артезианские бассейны, в которых порово-пластовые, иногда трещинно-порово-пластовые скопления подземных вод развиты в обломочно-щебнистых и гравийно-галечниковых образованиях (конусы выноса) VI или в рыхлых и слабо сцементированных отложениях (преимущественно меловых) V яруса.

3. При использовании подземных вод для водоснабжения, в частности питьевого, необходимо учитывать особенности гидрохимической зональности гидрогеологических структур, особенно таких, как адбассейны и внутригорные артезианские бассейны. Гидрогеологические структуры с инверсионной гидрохимической зональностью и широким

распространением в верхней части разреза пестрых по степени и характеру минерализации подземных вод содержат локальные скопления пригодных для водоснабжения вод, что затрудняет их поиски и освоение. При оценке качества питьевых вод необходимо учитывать их обогащенность на отдельных участках такими токсичными элементами, как Sr, Cr, F, Be и др.

4. Гидрогеологические массивы, адмассивы, внутригорные артезианские бассейны и некоторые адбассейны Казахстана перспективны на минеральные воды различного состава, имеющие бальнеологическое значение. Массивы трещинных и трещинно-жильных скоплений подземных вод в породах III яруса, содержащих интрузии позднегерцинского этапа, перспективны на холодные радоновые щелочные воды (Северо-Казахстанская, Джунгаро-Балхашская, Рудно-Алтайская области). Термальные воды такого же состава характерны для зон разломов в гидрогеологических структурах разного типа джунгарской части Джунгаро-Балхашской области, Рудно-Алтайской и Северо-Тяньшаньской областей.

Адебассейны перспективны на минеральные воды различного состава (углекислые, углекисло-сероводородные, кремнистые, железистые и др.). В адебассейнах областей, переживших активизацию тектоно-магматических (главным образом гидротермальных) процессов, могут быть обнаружены термальные кремнистые, фторидно-щелочные и другие минеральные воды. Наибольшего внимания в этом отношении заслуживают адебассейны, в которых наряду с пластово-трещинными и другими пластовыми скоплениями развиты трещинные и трещинно-жильные скопления подземных вод в интрузивных породах.

5. Внутригорные артезианские бассейны и крупные адебассейны Джунгаро-Балхашской и Северо-Казахстанской областей с нормальной или инверсионно-нормальной гидрохимической зональностью содержат в недрах рассолы и крепкие рассолы с рядом промышленно-ценных элементов. Однако такие воды залегают здесь на значительных глубинах и их освоение не может считаться первоочередным. Необходимо только обратить внимание на целесообразность дальнейшего исследования водоносности таких структур и химического состава подземных вод.

6. Внутригорные артезианские бассейны Северо-Тяньшаньской области содержат скопления теплых, горячих и, по-видимому, очень горячих подземных вод, которые могут быть использованы как в лечебных целях, так и для теплофикации.

7. Артезианские бассейны Алаколь-Балхашской области, а также артезианские бассейны Чуйско-Тургайской системы, особенно Чуйский и Восточно-Тургайский, заслуживают внимания как структуры, в которых могут происходить процессы современного эпигенетического рудообразования. Гидрогеологические массивы блоков, слабо затронутых процессами альпийской активизации, могут содержать захороненные рудообразующие растворы и заслуживают в этом отношении дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедсафрин У. М., Джабасов М. Х., Шлыгина В. Ф. Ресурсы и использование подземных вод Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1972, 154 с.
2. Гидрогеология СССР. В 50-ти т. Глав. ред. А. В. Сидоренко. Т. 33, 1966, 363 с.; т. 34, 1970, 563 с.; т. 35, 1971, 373 с.; т. 36, 1970, 472 с.; т. 37, 1971, 307 с. М., «Недра».
3. Давидович Г. Т., Дальян И. Б., Зейберлих Н. Э. и др. Распространение и формирование подземных вод меловых отложений Челкарского прогиба и прилегающих к нему структур.— Тр. ИГГиГ АН КазССР, 1971, т. 4.
4. Джабасов М. Х., Карагодин П. Ф., Ошлаков Г. Г. Геолого-гидрогеологические условия Южно-Прибалхашской впадины в свете новых данных.— Тр. ИГГиГ АН КазССР, 1971, т. 4.
5. Жеваго В. С. Геотермия и термальные воды Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1972, 225 с.
6. Кан М. С. Подземные минеральные воды высокогорных районов Юго-Восточного Казахстана.— Тр. ИГГиГ АН КазССР, 1971, т. 4.

А. В. Зувев, Л. Г. Учителева

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЗАПАДНОЙ И СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В пределах Западной и Средней Сибири расположены Западно-Сибирская артезианская, Саяно-Алтайская и Енисейская гидрогеологические складчатые области (см. карту).

Западно-Сибирская артезианская область (VI) расположена в пределах эпигерцинской плиты того же названия. В геологическом разрезе плиты выделяются три структурно-тектонических этажа: геосинклинальный, парагеосинклинальный и платформенный. Нижний (геосинклинальный) этаж является фундаментом плиты и представлен глубоко метаморфизованными осадочными и магматическими породами архея, протерозоя и палеозоя, прошедшими полный цикл геосинклинального развития. Средний этаж (парагеосинклинальный или параплатформенный) представлен породами палеозоя и нижнего мезозоя, характеризующимися сравнительно невысокой степенью метаморфизма и относительно слабой дислоцированностью. В его пределах выделяются два структурно-тектонических яруса. Нижний представлен собственно параплатформенными образованиями палеозойского возраста (песчаники, известняки, алевролиты, аргиллиты, доломиты, мергеля и др.). Они широко развиты на восточном борту плиты, а также, предположительно, в центральных и северных ее районах. Верхний ярус (тафрогенный) представлен эффузивно-осадочной терригенной толщей нижнего лейаса — триаса, которая выполняет многочисленные грабенообразные депрессии, образовавшиеся в результате растрескивания земной коры и глыбовых движений во время триасового регионального сводообразования. В северных районах плиты предполагается плащеобразное региональное залегание пород данного яруса. Общая мощность пород параплатформенного этажа изменяется от нескольких сот метров до 3 км и более на севере региона.

Чехол платформы (верхний этаж) сложен рыхлыми терригенными осадочными образованиями мезокайнозойского возраста общей мощностью более 3 км в центральных и более 6 км в северных районах. Отложения чехла залегают на породах фундамента и промежуточного этажа с резким угловым несогласием. Их накопление обусловлено длительным и устойчивым прогибанием всей территории в мезокайнозойское время. Для пород чехла в целом характерно почти горизонтальное их залегание, значительная мощность песчаных и глинистых толщ, преобладание на западе глинистых пород, на востоке — песчаных, полное отсутствие соленосных, гипсоносных и почти полное карбонатных фаций, относительная обогащенность пород органическим материалом, а также наличие мерзлоты мощностью до 400 м в северных районах.

На западе породы формировались преимущественно в морских бассейнах пониженной или нормальной солёности, на востоке — в пресноводных континентальных водоемах. Платформенный чехол плиты осложнен системами пологих платформенных структур — впадин, проги-

бов, валов, сводообразных поднятий, различных по размерам и амплитуде.

По морфологии и особенностям истории геологического развития в строении платформенного чехла выделяются внешняя и внутренняя структурные зоны плиты. Внешняя зона характеризуется неполным разрезом и сокращенной мощностью осадков, полным или частичным отсутствием верхнемеловых и палеогеновых глин, преобладанием в разрезе песчаных толщ и преобладанием сводообразных поднятий фундамента над прогибами. Для внутренней зоны характерен наиболее полный разрез отложений, возрастание мощности их от периферии к центру, выдержанность по площади и разрезу песчаных и глинистых толщ, преобладание по площади прогибов фундамента над поднятиями.

Породы нижнего структурно-тектонического этажа плиты характеризуются трещинно-жильным типом скопления подземных вод, породы промежуточного этажа — по-видимому, пластово-трещинным и трещинно-пластовым, а породы чехла — широким развитием порово-трещинно-пластовых вод. Учитывая геологическое строение Западно-Сибирской артезианской области, мы считаем, что в ее пределах можно выделить два типа гидрогеологических районов:

1) районы, имеющие двухэтажное гидрогеологическое строение: чехол, сложенный мезозойско-кайнозойскими породами, и фундамент, сложенный породами палеозойского и допалеозойского возраста;

2) районы, имеющие трехэтажное гидрогеологическое строение: фундамент, палеозойский — нижнемезозойский и мезокайнозойский гидрогеологические этажи.

Отложения палеозойского — нижнемезозойского гидрогеологического этажа изучены еще очень мало и поэтому четкие границы выделенных районов провести пока не представляется возможным.

Мезозойско-кайнозойский чехол плиты подразделяется на два артезианских бассейна: Западно-Сибирский (VI₁) и Прикарский (VI₂). Граница между ними проводится условно по линии резкого погружения мезозойских отложений в северном направлении. В пределах обоих бассейнов в связи с существенными различиями в их геологическом строении и гидрогеологическими особенностями выделяются краевые и центральные зоны.

Краевые зоны характеризуются широким развитием положительных структурных форм, сокращенным геологическим разрезом мезозойских отложений, более грубозернистым их составом, отсутствием или сокращенной мощностью водоупорных пород, более активной инфильтрацией атмосферных вод во все периоды развития артезианской области и более сложным характером гидрохимической зональности подземных вод. В пределах краевых зон бассейнов по структурно-тектоническим особенностям с учетом фациальной обстановки выделяется ряд гидрогеологических районов 3-го порядка, а в пределах некоторых из них по тем же признакам — районы 4-го порядка.

Центральные зоны бассейнов представляют собой огромную чашеобразную депрессию, которая развивалась как единый регион с начала юрского периода и по настоящее время. Для нее характерен более полный геологический разрез, практически отсутствие перерывов в осадконакоплении, наличие региональных водоупоров значительной мощности. При этом для Прикарского бассейна характерна большая мобильность и амплитуда тектонических подвижек на всех основных этапах его развития. Так, скорость его осадконакопления в юрское и нижнемеловое время значительно превосходила таковую в Западно-Сибирском бассейне, что и обусловило там более значительные мощности соответствующих осадочных образований. Для кайнозойского времени характерно

восходящее движение значительной амплитуды. В настоящее время северная часть Прикарского бассейна находится в субаквальной стадии развития.

По особенностям осадконакопления пород мезозоя в центральной зоне Западно-Сибирского бассейна выделяются гидрогеологические районы 3-го порядка. Границы выделенных в бассейнах гидрогеологических районов совпадают с границами наиболее крупных структурных элементов чехла артезианской области. Для Березово-Сосьвинского (VI₁¹), Туринского (VI₁²), Тоболо-Тюменского (VI₁³), Надым-Хантымансийского (VI₁⁸), Юган-Пякипуровского (VI₁¹⁰) гидрогеологических районов Западно-Сибирского бассейна, а также для всего Прикарского бассейна характерно развитие в разрезе преимущественно морских фаций пород; для Колтогорско-Уренгойского (VI₁¹¹), Омского (VI₁⁹), северных частей Чулымо-Енисейского (VI₁⁶), Тымско-Худосеевского (VI₁¹²) — морских и континентальных фаций. В гидрогеологических районах восточного и юго-восточного крыльев бассейна (южная часть Тымско-Худосеевского (VI₁¹²), Елогуй-Ермаковского (VI₁⁷), Чулымо-Енисейского (VI₁⁶), Кулундинско-Барнаульского (VI₁⁴) преобладают континентальные фации. Это обстоятельство обуславливает, в первую очередь, основные особенности гидрохимии подземных вод разных частей описываемой области.

Западно-Сибирский артезианский бассейн по сравнению с Карским в настоящее время изучен значительно полнее [1, тт. 16, 17; 2, 5, 6]. В разрезе его мезозойско-кайнозойского гидрогеологического этажа общей мощностью до 3,5 км выделяется шесть водоносных комплексов (триас-нижнеюрский, юрский, неокомский, аптский, альб-сеноманский, олигоцен-четвертичный), разделенных частично или полностью относительно водоупорными глинистыми породами. Мощность комплексов изменяется от нескольких десятков до 500 м и более. Среди относительно водоупорных толщ регионально развиты глины турон-олигоценового и верхнеюрско-нижневаланжинского возраста. Мощность каждой из толщ достигает 600 м и более. Они разделяют осадочный чехол бассейна на три части, в пределах которых породы характеризуются различными условиями образования, а подземные воды — различными гидрохимическим и гидродинамическим режимами и различными условиями формирования их солевого состава. Верхний водоносный комплекс — олигоцен-четвертичный — содержит грунтовые и слабонапорные воды порово-пластового типа. Воды находятся в условиях свободного водообмена. Зеркало грунтовых и пьезометрическая поверхность напорных вод отражают рельеф поверхности бассейна. Меловые водоносные комплексы, залегающие под верхним региональным водоупором (турон-олигоценным), характеризуются порово-пластовыми скоплениями вод вблизи горноскладчатого обрамления бассейна и порово-трещинно-пластовыми — на остальной его территории. Подземные воды меловых отложений преимущественно напорные. На большей территории бассейна они характеризуются условиями затрудненного водообмена. Юрский водоносный комплекс отделен от вышележащих меловых региональным верхнеюрско-нижневаланжинским водоупором. Подземные воды находятся в условиях затрудненного и весьма затрудненного водообмена. Воды порово-трещинно-пластовые. Триас-нижнеюрские водоносные отложения, распространенные в отдельных грабенообразных депрессиях, практически не изучены. Они содержат, по-видимому, трещинно-пластовые и пластово-трещинные скопления подземных вод, находящиеся в условиях весьма затрудненного водообмена. Палеозойский гидрогеологический этаж бассейна также практически не изучен. Можно предполагать, что эти породы содержат трещинно-пластовые, пластово-трещинные и карстово-пластовые воды. Мощность этажа в изученных районах больше 1 км.

В краевых зонах бассейна вследствие фациальной изменчивости пород гидрогеологический разрез меняется. На западе уменьшаются мощности водоносных и водоупорных отложений, появляются новые водоносные горизонты. В восточных районах водоупорные толщи практически исчезают, и весь разрез сложен преимущественно песчаными отложениями. Здесь резко возрастает мощность юрского водоносного комплекса и уменьшается мощность меловых водоносных пород.

В пределах изученной части разреза бассейна развиты воды от пресных до слабосолевых; их максимальная минерализация достигает 76 г/кг. В вертикальном разрезе мезокайнозойского гидрогеологического этажа выделяются четыре гидрохимические зоны вод с подзонами. Для всех гидрогеологических районов бассейна характерен нормальный гидрохимический разрез, т. е. последовательная смена гидрохимических зон по мере увеличения глубин залегания [2, 6]. В то же время характер гидрохимических разрезов достаточно резко изменяется по площади бассейна, что обусловлено в первую очередь различной историей развития соответствующих гидрогеологических районов. В пределах бассейна можно выделить восемь типов гидрохимических разрезов, характеризующихся различным сочетанием гидрохимических зон и подзон: 1) разрез типа А характерен для всех краевых районов, примыкающих к горноскладчатому обрамлению бассейна, и наиболее широко распространен в Кулундинско-Барнаульском районе; 2) разрез типа АБ₃ характерен для краевых зон бассейна и наиболее широко развит в Кулундино-Барнаульском и Чулымо-Енисейском районах; 3) разрез типа ДВ₃ развит на отдельных участках Кулундино-Барнаульского района; 4) разрез типа АБ₁₀ также характерен для краевых зон бассейна и широко распространен по площади Березово-Сосьвинского, Барабинско-Пихтовского, Чулымо-Енисейского районов; 5) разрез типа АБ₃₅ занимает большую часть бассейна; 6) разрез типа ДБ₃₅ развит на отдельных участках Омского района; 7) разрез типа АБВ₇₀ характерен для южных частей Колтогорско-Уренгойского и Тымско-Худосеевского районов и западной части Чулымо-Енисейского. Аналогичный тип разреза встречен также на западе бассейна в Челябинском грабене Тоболо-Тюменского района; 8) разрез типа АБВ₁₄₀ зафиксирован на отдельных участках Тымско-Худосеевского и Чулымо-Енисейского районов.

О возможно более высокой минерализации вод в палеозойском гидрогеологическом этаже свидетельствует тот факт, что в большинстве опробованных на востоке бассейна скважин минерализация вод в палеозойских отложениях даже при углублении в последние на 10—15 м превышает минерализацию вод в мезозойских породах.

Состав пресных вод бассейна гидрокарбонатный кальциевый и натриевый. Воды солоноватые, характеризуются преимущественно хлоридным натриевым составом, а при минерализации до 3 г/кг — смешанным, хлоридно-гидрокарбонатным, гидрокарбонатно-хлоридным и хлоридным натриевым. Сульфаты присутствуют в количестве до 10—20 мг/кг. Соленые воды бассейна имеют хлоридный натриевый состав. В Надым-Хантымансийском и Юган-Пякипуровском районах в них отмечается относительно повышенное содержание гидрокарбонат-иона (до 10—15% -экв.). В соленых водах Колтогорско-Уренгойского и Омского районов относительно повышено содержание кальциевых солей (до 15—30% -экв.). Состав рассолов бассейна хлоридный натриевый и кальциево-натриевый. Состав растворенных газов преимущественно метановый, в краевых районах в различной степени он разбавлен азотом воздушного происхождения. В Омском и Туринском районах на отдельных участках в нижней части мезозойского гидрогеологического этажа встречены углекисло-метановые и углекислые воды.

На западе бассейна в области преобладающего развития морских фаций пород и широкого развития верхней и нижней региональных во-

доупорных толщ (районы Березово-Сосьвинский, Туринский, Надым-Хантымансийский, Юган-Пякипуровский, большая часть Тоболо-Тюменского, Омского) основной объем осадочного чехла занимают соленые воды подзоны Б₃₅, развитые в юрском и меловых комплексах. Мощность подзоны от 1—1,9 км в краевых районах до 2,7—3,2 км в центральных.

В восточных и юго-восточных районах, в области преобладающего развития в разрезе континентальных фаций (Кулундинско-Барнаульский, Чулымо-Енисейский, Барабинско-Пихтовский, южные части Елогуй-Ермаковского и Тымско-Худосеевского районов), основной объем мезокайнозойского гидрогеологического этажа занимают пресные и солоноватые воды. Мощность зоны пресных вод 1—1,9 км, зоны солоноватых вод — 0,7—1,5 км, зоны соленых вод — 0,6 км. Мощность зоны рассолов в мезозойском гидрогеологическом этаже 0,1—0,4 км. Зона расположена на глубинах от 2200 до 2600 м.

Для всех гидрогеологических районов бассейна характерна достаточно четко выраженная гидротермическая зональность подземных вод [5, 6]. Мощности гидротермических зон краевых и центральных районов бассейна существенно различны. Максимальной мощностью характеризуются зоны вод с температурами от 35 до 100°С в южных частях центральных районов бассейна. В краевых районах, а также на севере центральных увеличивается мощность зоны холодных и теплых вод и уменьшаются мощности зон горячих вод. Зона перегретых вод здесь практически отсутствует. Гидротермическая зональность нарушается температурными аномалиями, которые наиболее четко прослеживаются вблизи тектонических нарушений в очагах разгрузки подземных вод.

Подземные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна содержат разнообразные микрокомпоненты; промышленное значение среди последних имеет йод. Йодные промышленные воды развиты на западе бассейна в Березово-Сосьвинском, Туринском, Тоболо-Тюменском, Надым-Хантымансийском, Юган-Пякипуровском гидрогеологических районах. Наибольшие концентрации йода определены в Тоболо-Тюменском, Надым-Хантымансийском и Юган-Пякипуровском районах. В единичных пунктах относительно высокие концентрации йода встречены также в Березово-Сосьвинском районе. Промышленные и близкие к ним концентрации йода отмечаются в толщах юрского, неокомского, аптского и альб-сеноманского возраста. Наиболее широко по площади бассейна промышленные воды распространены в неокомской водоносной толще. Выше и ниже по разрезу площади распространения йодных вод резко сокращаются.

Для добычи йодных вод наиболее перспективны центральные части Надым-Хантымансийского и Юган-Пякипуровского районов (Среднее Приобье), а также западные (Туринский и северная часть Тоболо-Тюменского) районы. Подземные воды бассейна в основной своей массе являются лечебными. Бальнеологический интерес представляют как хлоридные натриевые солоноватые и соленые воды, так и развитые в краевых районах на отдельных участках воды железистые, сероводородные, радоновые.

Водообеспеченность бассейна пресными подземными водами, пригодными для крупного питьевого и промышленного водоснабжения, очень неравномерна. Наиболее обеспечены этими водами юго-восточные и восточные (Кулундино-Барнаульский, Чулымо-Енисейский, южные части Елогуй-Ермаковского и Тымско-Худосеевского) районы бассейна, характеризующиеся наибольшей мощностью зоны пресных вод и хорошими коллекторскими свойствами водовмещающих пород. Запасы пресных вод в этих районах практически неисчерпаемы. Остальные районы бассейна пресными подземными водами, пригодными для крупного во-

доснабжения, практически не обеспечены. Мощность зоны пресных вод не превышает 200—300 м. Приурочены они к отложениям олигоцен-четвертичного комплекса, характеризующегося весьма неравномерной и в целом низкой водообильностью.

Подземные воды Прикарского артезианского бассейна (VI₂) не изучены, имеются сведения лишь по крайним и южным его районам. Общегеологические данные позволяют предположить, что основная часть разреза осадочного чехла бассейна (до глубины 3000—3500 м, возможно, и глубже) заполнена водами с минерализацией до 35 г/л. В нижней же части разреза возможно наличие и более минерализованных вод.

Саяно-Алтайская сложная гидрогеологическая складчатая область (11). В пределах области выделяются четыре гидрогеологических этажа, слагающих гидрогеологические структуры разных типов, отличающиеся по характеру скоплений подземных вод. Первый гидрогеологический этаж слагает структуры фундамента (I ярус, PR₁₋₂) и структуры геосинклинального комплекса (II ярус, PR₃—Є₁₋₂ и III ярус, Є₃—S). Он сложен метаморфическими и метаморфизованными, сильно дислоцированными породами: кристаллическими сланцами, гнейсами, амфиболитами, мраморами (PR), эффузивно-осадочными (PR₃—Є₁₋₂), флишевыми и флишеидными ((Є₃—S) образованиями, прорванными разнообразными интрузиями. Все эти породы слагают гидрогеологические массивы с трещинно-жильными и трещинно-карстовыми водами. На отдельных участках (Манский прогиб и др.), там, где степень метаморфизма и дислоцированности пород снижается, наряду с трещинно-жильными водами развиты трещинно-пластовые, пластово-трещинные и пластово-трещинно-карстовые воды, характерные для структур промежуточного типа — адмассивов и артезианских бассейнов.

Второй гидрогеологический этаж образует структуры средне- и верхнепалеозойского возраста (D—P). Средне-верхнепалеозойский период характеризуется преобладанием восходящих тектонических движений, господством континентального режима, образованием глыбовых поднятий, межгорных впадин и пригеосинклинальных прогибов. Впадины и прогибы выполнены красноцветной терригенной формацией с подчиненными горизонтами карбонатных морских и лагунных отложений, наземной вулканогенной и угленосной формациями. Для структур этого комплекса характерно широкое развитие девонских отложений, мощность которых колеблется от 3—3,5 км (Рыбинская впадина) до 10 км (Тувинский прогиб). Девонские отложения сильно литифицированы, что приближает их к породам, развитым в гидрогеологических массивах. Степень уплотненности пород уменьшается с юга на север.

Породы нижней части 2-го гидрогеологического этажа, представленные осадочно-вулканогенными образованиями (D₁₋₂, быскарская серия, I ярус) и преимущественно терригенными отложениями (D₂₋₃—C₁¹⁻², II ярус), слагают адартезианские бассейны и адмассивы, содержащие пластово-трещинные, трещинно-пластовые и трещинно-жильные воды. Трещинно-пластовые воды наиболее широко распространены в Назаровской и Рыбинской впадинах. Верхняя часть 2-го гидрогеологического этажа (C₁³—P, III ярус), наиболее широко развитая в Кузнецком бассейне, представлена угленосной терригенной формацией, к которой приурочены трещинно-пластовые, порово-трещинно-пластовые и порово-пластовые воды, характерные для артезианских бассейнов.

3-й гидрогеологический этаж связан со структурами комплекса стабилизации (T—K₁), выполненными слабоуплотненными и рыхлыми терригенными отложениями с пластами бурых углей. Они слагают небольшие наложенные артезианские бассейны с порово-трещинно-пластовыми и порово-пластовыми водами (в Кузнецкой, Северо-Минусинской, Рыбинской, Назаровской, Улугхемской впадинах).

4-й гидрогеологический этаж образует структуры комплекса активизации, сформировавшиеся в период с конца мезозоя до настоящего времени. В этот период образовались межгорные артезианские бассейны (Чуйский, Убсанурский и др.), выполненные песками, песчаниками, алевролитами, к которым приурочены преимущественно порово-пластовые воды. В это время (начиная с K_2) активно проявились тектонические подвижки. Подновляются глубинные разломы, большинство из которых заложилось еще в позднем докембрии. Наиболее интенсивно неотектонические движения проявились в южной части рассматриваемого региона (Алтай, восточная и юго-восточная части Тувы), что фиксируется выходами термальных (азотных и углекислых) вод, связанных с региональными глубинными разломами. В юго-восточной части этой территории выделяются структуры особого типа — супербассейны, выполненные покровами базальтов неоген-четвертичного возраста.

В пределах рассматриваемой территории вследствие большой сложности строения гидрогеологические массивы и адмассивы группируются в системы: Салаирскую (II_1), Колывань-Томскую (II_2), Кузнецко-Алатаускую (II_4) и Восточно-Саянскую (II_{10}). Выделяются также системы гидрогеологических массивов, адмассивов, межгорных артезианских и адартезианских бассейнов: Горно-Алтайская (II_{11}), Западно-Саянская (II_{12}), Западно-Тувинская (II_{13}) и Восточно-Тувинская (II_{16}). В последнюю систему входят и вулканогенные супербассейны.

В Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области, кроме указанных систем, выделяются крупные межгорные адартезианские и артезианские бассейны, расположенные на стыке систем гидрогеологических массивов и адмассивов. К ним относятся адартезианские бассейны: Кузнецкий (II_3), Южно-Минусинский (II_5), Сыдо-Ербинский (II_6), Северо-Минусинский (Чебаково-Балахтинский) (II_7), Улугхемский (II_{14}) с наложенными артезианскими бассейнами и артезианские бассейны: Назаровский (II_8), Рыбинский (II_9) и Убсанурский (II_{15}). Границы межгорных адартезианских и артезианских бассейнов проводятся по контакту, часто тектоническому, пород 1 и 2-го гидрогеологических этажей. В тех случаях, когда породы 2-го гидрогеологического этажа развиты не только в межгорных впадинах, но переходят и в горные районы, границы бассейнов проводятся с учетом рельефа, часто по зонам региональных разломов.

Гидрогеологические массивы и адмассивы, отличающиеся характером скоплений подземных вод, обладают в то же время общими чертами формирования и распределения вод. Эти структуры хорошо промыты и содержат, обычно в зоне региональной трещиноватости пород, очень пресные и пресные воды с минерализацией от 0,02 до 0,3—0,5 г/кг, кислородно-азотные, гидрокарбонатные кальциевые, натриевые и смешанные по катионам с температурой 0—8°С. Очень пресные воды содержат кремнекислоту (до 0,02—0,03 г/кг).

В гидрогеологических массивах и адмассивах наблюдается поясная гидрохимическая зональность. Она проявляется главным образом в повышении минерализации и температуры подземных вод, развитых в зоне региональной трещиноватости пород, в направлении от высокоподнятых и расчлененных частей горных сооружений к их подножию [1, тт. 17, 18; 4]. В этом же направлении в подземных водах повышаются и средние (фоновые) содержания микрокомпонентов: титана, меди, никеля и других [4], что определяется в первую очередь ухудшением активности водообмена от центральных высокоподнятых участков к периферийным. Повышение минерализации подземных вод идет и по мере углубления ниже базиса эрозии. Однако можно предполагать, что мощность пресных и слабоминерализованных вод в горных районах весьма значительна.

В крупных межгорных артезианских (Кузнецкий, Южно-Минусинский, Сыдо-Ербинский, Северо-Минусинский, Улугхемский) и артезианских (Назаровский, Рыбинский, Убсанурский) бассейнах распространены весьма разнообразные по степени и характеру минерализации воды [1, тт. 17, 18; 4]. Здесь наблюдается горизонтальная и вертикальная гидрохимическая зональность. Минерализация и химический состав грунтовых вод изменяются от периферии впадин к их центру. В этом же направлении уменьшается мощность пресных вод от 500—600 м до 150—200 м*. Минерализация подземных вод увеличивается с глубиной. Нарастание ее в различных межгорных бассейнах происходит неодинаково. Наибольшим разнообразием подземных вод по степени минерализации и химическому составу отличается Южно-Минусинский адартезианский бассейн, где выделяется гидрохимический пояс АБВ₂₇₀. На глубинах 2300—2400 м в породах илеморовской свиты среднего девона выявлены хлоридные натриевые рассолы с минерализацией до 255 г/кг и с содержанием брома до 0,250 г/кг, йода до 0,012 г/кг, калия до 2,4 г/кг, лития до 0,304 г/кг и др. (центральная часть Южно-Минусинского бассейна).

В Кузнецком адартезианском бассейне развит гидрохимический пояс АБ. На глубинах 2400—2500 м в угленосных терригенных отложениях пермо-карбона обнаружены соленые хлоридные натриевые воды с минерализацией до 35 г/кг и содержанием брома до 0,043 г/кг и йода до 0,022 г/кг. В остальных межгорных бассейнах подземные воды погруженных частей структур практически не изучены. В глубоких частях межгорных бассейнов (в Кузнецком, Южно-Минусинском, Северо-Минусинском и др.) распространены термальные воды.

В небольших и неглубоких межгорных артезианских бассейнах (Чуйском, Уйменском, Бертекском и др.), входящих в системы гидрогеологических массивов и адмассивов, развиты, по-видимому до фундамента, слабоминерализованные (в основном пресные) воды. В некоторых из них (в Чуйском бассейне) вблизи поверхности земли распространены солоноватые воды, образовавшиеся в результате процессов континентального засоления.

Возможности практического использования подземных вод различных типов гидрогеологических структур неодинаковы. В горных районах (в гидрогеологических массивах и адмассивах) водоснабжение может быть основано на использовании пресных подземных вод зоны региональной трещиноватости, зон разломов и песчано-галечных аллювиальных отложений. Разнообразные минеральные термальные и холодные воды, преимущественно пресные, гидрокарбонатные кальциевые и натриевые, встреченные в гидрогеологических массивах, реже в адмассивах, обычно связаны с зонами разломов и могут служить хорошей базой для строительства курортов. Термальные воды гидрогеологических массивов могут использоваться как источники тепла. Перспективны для поисков термальных вод зоны региональных разломов южной части региона, испытавшей воздействие новейших тектонических движений.

В адартезианских и артезианских бассейнах водоснабжение осуществляется за счет использования подземных вод палеозойских, мезозойских и четвертичных отложений. Наиболее перспективны в этом отношении песчано-галечные аллювиальные отложения крупных рек (Енисей, Абакана, Кана и др.), где сосредоточены наиболее значительные запасы подземных вод (удельный дебит скважин до 11 л/с), а также воды песчаных отложений юрского возраста, отличающихся довольно

* В Южно-Минусинском, Северо-Минусинском и других бассейнах на отдельных участках (в бессточных, засушливых степях) уже у поверхности земли развиты соленые воды.

равномерной и значительной обводненностью. Эти воды служат основным источником водоснабжения городов и поселков.

Минеральные лечебные воды межгорных адартезианских и артезианских бассейнов — холодные, преимущественно соленые, сульфатные кальциевые и натриевые, хлоридные натриевые. Они связаны обычно с отложениями палеозоя, реже мезозоя (юры) и используются еще недостаточно. Весьма перспективны в лечебном отношении холодные углекислые воды, близкие по составу к водам дарасунского типа (кожановские в Северо-Минусинском бассейне и терсинские в Кузбассе), связанные с глубокими региональными разломами.

В крупных межгорных бассейнах встречаются подземные воды с промышленным содержанием микрокомпонентов и термальные воды, вскрытые глубокими скважинами. Подземные воды с промышленным содержанием брома, йода, калия (Южно-Минусинский бассейн), йода (Кузнецкий бассейн), а также термальные воды глубоких частей бассейнов в настоящее время для практического использования не пригодны ввиду слабых коллекторских свойств пород. Подземные воды с промышленными концентрациями микрокомпонентов в гидрогеологических массивах и адмассивах не известны.

Енисейская гидрогеологическая складчатая область (3). В строении этой области участвуют главным образом протерозойские породы (1-й гидрогеологический этаж), прорванные массивами гранитоидов. Значительно меньше развиты палеозойские (2-й гидрогеологический этаж) и мезозойские (3-й гидрогеологический этаж) отложения. В пределах области выделяются Ангаро-Канская система гидрогеологических массивов (3_1) и Северо-Енисейская система гидрогеологических массивов, межгорных артезианских и адартезианских бассейнов (3_2).

В Ангаро-Канской системе массивов, сложенной кристаллическими сланцами, гнейсами и интрузиями гранитоидов, широкое развитие получили трещинно-жильные скопления вод.

Северо-Енисейская система гидрогеологических массивов, межгорных артезианских и адартезианских бассейнов состоит из Большепитской системы гидрогеологических массивов (3_2^1), межгорных артезианских бассейнов (Чингасанский — 3_2^2 , Жадугинский — 3_2^3 , Вороговский — 3_2^4 , Нижне-Сурнихинский — 3_2^5 , Ярцевский — 3_2^6 , Киликейский — 3_2^8 , Зырянский — 3_2^9 , Казачинский — 3_2^{10} , Бельско-Рыбинский — 3_2^{11}) и адартезианских бассейнов (Уволго-Нурминский — 3_2^7 , Ангаро-Питский — 3_2^{12}).

В Большепитской системе массивов, сложенных вулканогенными, карбонатными и терригенными отложениями, прорванными гранитоидами, наряду с трещинно-жильными водами распространены трещинно-карстовые. Гидрогеологические массивы и адмассивы содержат в зоне региональной трещиноватости пород очень пресные и пресные (от 0,02 до 0,1—0,3, реже до 0,5 г/кг) воды гидрокарбонатного кальциевого, натриевого и смешанного по катионам состава с температурой 0—5°С [1, т. 18; 3]. Здесь отмечается поясная гидрохимическая зональность, тесно связанная с геоморфологическими условиями и гипсометрией района. В наиболее приподнятых и расчлененных районах широкое развитие получили очень пресные (до 0,1 г/кг) воды.

Артезианские и адартезианские бассейны содержат напорные воды. В верхних частях бассейнов развиты воды гидрокарбонатные кальциевые, натриевые и смешанные по катионам, минерализация до 0,5 г/кг. Подземные воды погруженных частей структур не изучены. Можно предполагать, что артезианские и адартезианские бассейны не содержат рассолов, так как в геологическом разрезе этих структур отсутствуют галогенные фации. Исключение составляет Жадугинский артезианский бассейн, сложенный кембрийскими отложениями с признака-

ми солености, широко распространенными в соседней Восточно-Сибирской артезианской области.

Водоснабжение немногочисленных населенных пунктов как в горных районах (в гидрогеологических массивах и адмассивах), так и в межгорных бассейнах осуществляется в основном за счет использования подземных вод песчано-галечных аллювиальных отложений. В горных районах (в гидрогеологических массивах) Енисейского края известны довольно многочисленные минеральные холодные воды хасуртаевского и знаменского типов, часто связанные с массивами гранитоидов. Подземные воды с высоким содержанием радона приурочены обычно к зонам региональных разломов, особенно к участкам пересечения тектонических нарушений. Минеральные воды других типов в Енисейской гидрогеологической складчатой области не обнаружены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР. В 50-ти т. Глав. ред. А. В. Сидоренко. Т. 16, 1970, 376 с.; т. 17, 1972, 398с.; т. 18, 1972, 479 с. М., «Недра».
2. Гуревич М. С. Западно-Сибирский артезианский бассейн.— Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1956, т. 3.
3. Заварзин Л. Г. Подземные воды Енисейского края.— Автореф. канд. дисс. Л., 1968, 26 с.
4. Зуев А. В. Подземные воды Саяно-Алтайской складчатой области.— Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1963, т. 101.
5. Кругликов Н. М. Гидрогеология северо-западного борта Западно-Сибирского артезианского бассейна. М., «Недра», 1964, 165 с.
6. Маврицкий Б. Ф. Западно-Сибирский артезианский бассейн.— Тр. Лаб. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 39, 1962, с. 150.

*Е. А. Басков, Г. И. Климов, В. А. Кирюхин, С. Н. Суриков,
Н. А. Петрова, О. Н. Толстихин*

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА
И СЕВЕРО-ВОСТОКА СССР**

В пределах Восточной Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока СССР расположены Сибирская платформа и прилегающие к ней с юга, востока, севера и северо-востока складчатые области разного возраста, характеризующиеся большим разнообразием типов гидрогеологических структур, на гидрогеологические условия которых существенно влияет мощная многолетняя мерзлота. Эти структуры образуют три артезианские области и 25 гидрогеологических складчатых областей разных типов (см. карту).

Восточно-Сибирская артезианская область (VII) занимает территорию Сибирской платформы и в современном структурном плане представляет собой огромную сложнопостроенную впадину в поверхности архейских кристаллических пород, выполненную разнообразными осадочными (терригенными, карбонатными, соленосными) и вулканогенными породами от верхнепротерозойского до четвертичного возраста. Преобладающая мощность осадочно-вулканогенного чехла платформы 2—5 км. Господствующее распространение в породах чехла имеют пластовые скопления соленых и рассольных подземных вод. В области развита многолетняя мерзлота: сплошная мощностью до 500—600 м в северных и восточных районах и островная мощностью до 80—150 м в юго-западных.

В соответствии с особенностями тектоники и условиями распространения основных типов водоносных комплексов в описываемой артезианской области выделяется ряд крупных артезианских бассейнов [1, 2, 3, 4].

Ангаро-Ленский бассейн (VII₁) занимает южную часть области. В нем почти повсеместно распространены карбонатно-терригенные отложения верхнего докембрия и галогенно-карбонатные толщи пород нижнего кембрия общей мощностью до 3000—4000 м. Они содержат трещинно-пластовые и трещинно-карстово-пластовые скопления в основном рассольных (минерализация до 350—415 г/кг) хлоридных вод. Терригенные и карбонатные (местами сульфатонесные) породы среднего — верхнего кембрия и ордовика общей мощностью до 1000—1500 м содержат порово-трещинно-пластовые и трещинно-карстово-пластовые скопления преимущественно соленых и пресных подземных вод. Дебиты скважин, вскрывающих весьма крепкие хлоридные кальциево-натриевые и кальциевые рассолы в породах верхнего докембрия и нижнего кембрия, обычно весьма низкие — менее 0,01 л/с. Притоки воды в скважины из ордовикских и силурийских отложений составляют в среднем до 7—9 л/с.

В Иркутском районе (VII₁⁴) бассейна, кроме того, широко развиты терригенные угленосные отложения юрского возраста мощностью до 200—500 м с порово-трещинно-пластовыми пресными, реже слабосолеными водами (дебит скважин в среднем до 2 л/с), а в Канском районе

(VII⁵) — терригенные толщи силура, девона и карбона общей мощностью до 400—600 м с порово-трещинно-пластовыми пресными, реже солеными водами (дебит скважин часто до 1—5 л/с).

Якутский бассейн (VII₂) обладает большим разнообразием гидрогеологических условий. В юго-западной части (Пеледуйский — VII₂¹ и другие районы) развиты преимущественно терригенно-карбонатные породы верхнего докембрия и галогенно-карбонатные нижнего кембрия (общая мощность 2000—3000 м и более). В них начиная с глубин 800—1000 м широко распространены пластовые скопления высококонцентрированных рассолов хлоридного кальциево-натриевого и кальциевого состава (дебит скважин до 0,01 л/с). В центральных и северных районах (Вилуйском — VII₂⁹, Нижнеленском — VII₂¹⁸ и др.) в мезозойских и верхнепалеозойских песчано-глинистых и угленосных толщах (дебит скважин в основном до 0,1 л/с) преобладают соленые воды и слабые рассолы (минерализация до 40—50 г/кг).

В Кемпендйском (VII₂⁵) и, вероятно, в Ыгытинском (VII₂⁷) районах, где развиты галогенные толщи девонского возраста, содержатся пластовые (и жильные) скопления рассолов хлоридного состава (минерализация до 270—350 г/кг). В южных и юго-восточных районах (Лено-Алданском — VII₂¹⁵, Майском — VII₂¹⁴) распространены терригенно-карбонатные толщи верхнего протерозоя и карбонатные толщи кембрия общей мощностью до 3000—4000 м. В их нижних горизонтах преобладают трещинно-пластовые соленые, а в верхних — трещинно-карстово-пластовые и карстово-трещинные пресные воды (дебит скважин обычно до 1—3 л/с).

В Тунгусском бассейне (VII₃) в нижних частях разреза в верхнепротерозойских и нижнепалеозойских галогенно-карбонатных и терригенно-карбонатных толщах мощностью до 3000—5000 м повсеместно содержатся трещинно-пластовые хлоридные рассолы с минерализацией до 270—350 г/кг. В вышележащих терригенных угленосных толщах карбона и перми мощностью до 700—1000 м обычно развиты (вне зон разломов) порово-трещинно-пластовые слабосоленые и пресные воды. В этом бассейне почти повсеместно распространены вулканогенные толщи триасового возраста мощностью до 2000—4000 м (в Путоранском районе — VII₃⁵) преимущественно с пресными водами. Важной особенностью Тунгусского бассейна является интенсивное проявление новейших разрывных дислокаций, по которым выходят на поверхность соленые и рассольные воды, характерные для нижней части разреза.

Оленекский бассейн (VII₄) сложен в основном терригенно-карбонатными и карбонатными породами верхнего протерозоя и кембрия (в южных районах с пластами гипса и ангидрита) с пластовыми скоплениями подмерзлотных рассолов (минерализация до 70—140 г/кг в северных и до 300 г/кг в более южных районах).

Сходными гидрогеологическими условиями обладает и Котуйский бассейн (VII₅). В нем широко распространены терригенно-карбонатные и карбонатные, часто сульфатоносные породы верхнего протерозоя и нижнего палеозоя общей мощностью до 3000—5000 м. Они содержат подмерзлотные рассолы, минерализация которых до 250—270 г/кг. В Попигайском районе (VII₅³) под мерзлотой вероятно наличие соленых вод.

В Хатангском бассейне (VII₆) в песчано-глинистых и угленосных толщах мезозойского и позднепалеозойского возраста преобладают порово-трещинно-пластовые скопления подмерзлотных соленых вод и слабых рассолов с минерализацией до 30—40 г/кг. В Нордвикском районе (VII₆²) этого бассейна имеются высококонцентрированные рассолы, связанные с девонскими галогенно-карбонатными породами.

Суммируя имеющиеся данные о закономерностях распространения в названных выше бассейнах подземных вод разной минерализации,

можно отметить, что мощность зоны пресных вод (минерализация до 1 г/кг) на большей части области не превышает 200—300 м. В Хатангском, Котуйском, Оленекском и в северных районах Якутского бассейна зона пресных вод проморожена на всю мощность, за исключением надмерзлотных вод в теплое время года. Зона соленых вод (минерализация 1—35 г/кг) распространена почти повсеместно. Наибольшей мощности (до 3000—4000 м) она достигает в Хатангском, в центральных и северных районах Якутского бассейна, где широко развиты терригенные и угленосные толщи верхнего палеозоя и мезозоя. Мощность зоны резко уменьшается до 20—200 м на участках выходов на поверхность галогенно-карбонатных отложений (в Ангари-Ленском и других бассейнах). В южных районах Оленекского и юго-западных районах Якутского бассейна соленые воды местами полностью проморожены. Зона рассолов с минерализацией более 35 г/кг также развита очень широко. Мощность ее достигает 3000—4000 м. При этом в южных и западных частях области преимущественным распространением пользуются рассолы с минерализацией более 250—300 г/кг, генетически связанные с галогенными толщами кембрия и девона.

Температуры подземных вод Восточно-Сибирской области изменяются от минус 5—6°С до плюс 100—150°С и более. Переохлажденные воды (с температурами менее 0°С) установлены в северных и северо-восточных районах области. Наибольшую мощность (до 1000—1500 м) эта зона имеет в южных районах Оленекского бассейна; в Якутском и Хатангском бассейнах — 500—600 м. Горячие воды (с температурами 37—100°С) залегают в артезианских бассейнах обычно начиная с глубин 1500—2000 м.

Значительная часть подземных вод области относится к минеральным, пригодным как для лечебных целей, так и для добычи различных промышленно-ценных компонентов. Особый интерес представляют многокомпонентные рассолы — рассолы хлоридного кальциевого и кальциево-натриевого состава с высоким содержанием брома (до 5—7 г/кг), калия (до 10—15 г/кг), стронция (до 5—7 г/кг) и других компонентов. Они распространены в Ангари-Ленском бассейне, южных районах Тунгусского и юго-западных районах Якутского бассейна. Основным препятствием для их добычи являются обычно низкие коллекторские свойства пород, а также весьма высокая минерализация рассолов.

Яно-Индиурская артезианская область (VIII) объединяет артезианские и адартезианские бассейны в основном в пределах Колымской и Яно-Индиурской низменностей [2, тт. 20, 26; 5]. По геолого-структурным признакам она подразделяется на несколько артезианских бассейнов (см. карту). В гидрогеологическом отношении область не изучена. Верхние водоносные горизонты почти повсеместно проморожены до глубин 300—500 м. Вероятно, для всех бассейнов области характерно наличие подмерзлотных порово-трещинно-пластовых (в адартезианских бассейнах также пластово-трещинных) солоноватых, реже пресных хлоридно-гидрокарбонатных и соленых хлоридных вод в мезозойских терригенных (местами угленосных) толщах, общая мощность которых достигает 3000—5000 м. В Алазейском адбассейне (VIII₆), кроме того, широко развиты вулканогенные толщи верхнепалеозойского (пермь, триас) и мезозойского, в основном юрского, возраста с пресными и солеными пластово-трещинными, жильными и трещинно-пластовыми водами.

Пенжинско-Анадырская артезианская область (IX) занимает территорию Пенжинской и Анадырской впадин [2, т. 24], в которых повсеместно развита многолетняя мерзлота мощностью до 300—500 м. Осадочный чехол впадин сложен терригенными толщами верхнемелового (мощность до 4—5 км), палеогенового (мощность до 4—5 км) и неогенового (мощность до 2—4 км) возраста. Они содержат порово-трещинно-пластовые скопления подмерзлотных, преимущественно соленых

вод хлоридного состава. Воды верхних подмерзлотных горизонтов часто пресные, особенно в краевых частях бассейнов. Вместе с тем в центральных частях Анадырского бассейна (IX₂) местами вскрыты только соленые воды. Так, на Западно-Озерном поднятии на глубинах от 120 до 400 м в неогеновых отложениях вскрыты соленые воды хлоридного состава с минерализацией от 1,4 до 19,7 г/кг. Мощность зоны соленых вод в Анадырском бассейне, возможно, достигает 3000—5000 м.

Гидрогеологические складчатые области на территории восточной части СССР характеризуются большим разнообразием условий распространения и формирования подземных вод, разным сочетанием основных типов гидрогеологических структур [2, 3, 4, 5]. По этим признакам они подразделяются на три группы.

К первой группе относятся гидрогеологические складчатые области, представляющие собой системы гидрогеологических массивов с подчиненными артезианскими и адартезианскими структурами: Анабарская (5), Алданская (4), Становая (13), Байкальская (40), Бурейнская (41), Ханкайская (42), Монголо-Охотская (26), Забайкальская.

Анабарская область (5) охватывает Анабарский массив, в пределах которого выходят на поверхность кристаллические породы архейского возраста. Породы в пределах массива сильно охлаждены; нулевые температуры располагаются, по расчетным данным, на глубинах более 1000 м. В связи с этим пресные подземные воды в зонах выветривания и региональной трещиноватости кристаллических пород здесь, по-видимому, полностью заморожены.

Алданская область (4) расположена в пределах Алданского щита. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 300—500 м; местами они содержат множество сквозных таликов. В геологическом строении щита основную роль играют архейские кристаллические породы, содержащие главным образом пресные (минерализация 0,05—0,5 г/кг) подмерзлотные воды в зонах выветривания и региональной трещиноватости (дебит скважин в основном до 1—4 л/сек). В зонах разломов на глубинах 500—1000 м встречены воды с минерализацией от 1—3 до 10—12 г/кг сульфатного и хлоридного состава. Имеется несколько артезианских бассейнов, приуроченных к впадинам (Чульманской, Токкинской и др.). В нижних частях разреза этих бассейнов часто содержатся терригенно-карбонатные толщи верхнего протерозоя и кембрия (общая мощность до 500—800 м) с трещинно-карстовыми и трещинно-карстово-пластовыми пресными и местами, возможно, солоноватыми водами. Они перекрываются терригенными угленосными и местами вулканогенными толщами юры и нижнего мела (общая мощность до 2000—3000 м) с пластово-трещинными и трещинно-пластовыми водами (дебит скважин в основном до 0,5—5 л/с).

Становая область (13) расположена к югу от Алданской области. Она характеризуется преимущественным распространением протерозойских метаморфических пород и гранитоидов, а также мезозойских интрузивных пород с трещинно-жилыми водами в зонах выветривания и региональной трещиноватости. К межгорным впадинам, выполненным в основном песчано-глинистыми отложениями верхнемелового и кайнозойского возраста, приурочены артезианские бассейны: Верхне-Зейский (13₇), Приудский (13₈) и др. На востоке области располагается Удский адартезианский бассейн (13₄), сложенный вулканогенно-осадочными толщами юры и мела мощностью до нескольких километров. В Становой области имеются также вулканогенные супербассейны (Приохотский — 13₆ и др.). Мощность вулканогенных образований юрско-мелового возраста в них достигает 3—4 км.

Байкальская область (40) пространственно совпадает с Байкальской рифтовой зоной, характеризующейся высокой тектонической активностью в кайнозое. В области развиты главным образом метамор-

фические и интрузивные породы архейского и протерозойского возраста. Межгорные впадины выполнены мощными (до 2000—3000 м) неоген-четвертичными терригенными толщами. Выделяется ряд гидрогеологических массивов: Западно-Байкальский (40₁), Байкало-Витимский (40₂) и другие, а также несколько крупных межгорных артезианских бассейнов: Северо-Байкальский (40₃), Муйский (40₄), Баргузинский (40₈) и др. В массивах преобладают регионально-трещинные, реже трещинно-карстовые скопления пресных подземных вод (дебиты скважин обычно до 1—3 л/с). К зонам крупных новейших разломов приурочены выходы термальных (до 70—80°С) вод обычно гидрокарбонатно-сульфатного натриевого состава с минерализацией до 1—1,5 г/кг, газирующих азотом (суммарные дебиты источников до 5—10 л/с). В этих азотных термах нередко отмечаются повышенные содержания германия, вольфрама и других металлов. В районах молодого вулканизма (Удоканский хребет) известны источники термальных углекислых вод. В артезианских бассейнах воды в основном пресные. На глубинах более 1,5—2,5 км отдельными скважинами вскрыты солоноватые (с минерализацией до 1—3 г/кг) воды. В области развита островная многолетняя мерзлота мощностью до 100—200 м в южных районах и до 900—1000 м в северных районах.

Буреинская область (41) расположена в пределах Буреинского массива. Здесь выделяется ряд гидрогеологических массивов: Гонжинский (41₁), Мамынский (41₂) и другие, в которых наиболее широкое распространение получили регионально-трещинные воды в зоне выветривания гранитов и метаморфических пород протерозоя и палеозоя. Дебиты скважин достигают 0,1—0,5 л/с. Притоки возрастают до 2—5 л/с на участках новейших тектонических нарушений. К последним приурочены также термальные источники гидрокарбонатного состава, газирующие азотом, и проявления углекислых холодных вод. Дебиты скважин в карбонатных закарстованных породах достигают 10—40 л/с. В юго-западной части области расположен крупный Нижне-Зейский артезианский бассейн (41₁₃), сложенный вулканогенно-осадочными и осадочными терригенными породами мела и кайнозоя общей мощностью до 3000—4000 м. До глубин 600—800 м развиты пресные воды гидрокарбонатного состава, глубже залегают гидрокарбонатно-хлоридные воды с минерализацией до 1,5—3,5 г/кг. На северо-востоке области расположен крупный Верхне-Буреинский (41₆) адартезианский бассейн. Его чехол сложен юрскими и реже меловыми терригенными, часто угленосными толщами мощностью до 3—6 км. В верхних горизонтах распространены пресные воды; на глубинах 2500 м вскрыты соленые хлоридные натриевые воды с минерализацией около 15 г/кг. Вдоль северной и восточной границ бассейна располагается несколько сравнительно небольших систем вулканогенных супербассейнов и супермассивов (Сковородинская — 41₇, Верхнеурканская — 41₈ и др.).

Ханкайская область (42) занимает территорию Ханкайского массива и прилегающих к нему с юга складчатых зон палеозойского возраста. Пограничный (42₁) и другие гидрогеологические массивы сложены в основном гранитоидами и метаморфическими породами протерозоя и палеозоя, реже метаморфизованными породами триаса и юры. Наиболее водообильны закарстованные карбонатные породы (дебиты скважин 40—55 л/с). Повышенной водообильностью (дебиты скважин до нескольких литров в секунду) обладают породы массивов в зонах тектонических нарушений. Артезианские бассейны (наиболее крупные из них Уссури-Ханкайский — 42₇ и Суйфунский — 42₈) расположены в межгорных впадинах и котловинах, выполненных кайнозойскими песчано-глинистыми толщами мощностью до 700—1500 м. Дебиты скважин 10—15 л/с. Состав вод гидрокарбонатный, минерализация до 0,7—1,5 г/кг. В фундаменте Суйфунского бассейна в вулканогенных породах перми

на глубинах 2300—2800 м вскрыты хлоридные натриевые воды с минерализацией 13 г/кг. Сучанский адартезианский бассейн сложен вулканогенными терригенными, часто угленосными толщами мелового возраста мощностью до 3000—5000 м. В верхних (до глубины 150—200 м) горизонтах дебиты скважин 1—15 л/с, глубже не превышают 0,1—0,5 л/с. По составу воды гидрокарбонатные натриевые с минерализацией от 0,5—1 до 2,5 г/кг.

Монголо-Охотская область (26) включает складчатые структуры палеозойского и мезозойского возраста. Наиболее широко развиты здесь метаморфические породы верхнепротерозойского и нижнекембрийского возраста. Ольдойский (26₁), Альский (26₆) и другие гидрогеологические массивы приурочены к изолированным горным поднятиям. Водоносность пород в зоне выветривания небольшая. Дебиты источников обычно не превышают долей литра в секунду. В зонах разломов они возрастают до 10—12 л/с. Карбонатные породы верхнего и среднего палеозоя в Джагдинском (26₃) и Шантарском (26₇) массивах часто закарстованы и характеризуются дебитами источников до 10—25 л/с. Подземные воды гидрогеологических массивов пресные, преимущественно 0,1—0,6 г/кг.

В Торомском (26₉) и других артезианских бассейнах развиты в основном юрские терригенные отложения мощностью до 3—5 км, содержащие преимущественно пластово-трещинные воды. Обводненность пород слабая, дебиты источников обычно 0,1—0,5 л/с. Воды пресные, гидрокарбонатные.

Забайкальская область (39) занимает центральную и северную части Забайкалья. В ее пределах развиты преимущественно интрузивные породы палеозойского и мезозойского, а также метаморфические породы архейского и протерозойского возраста. Межгорные впадины выполнены слабо дислоцированными терригенными, местами угленосными и вулканогенными отложениями. В северной части области развита сплошная многолетняя мерзлота мощностью до 500 м, а в южной части — островная. В Забайкальской области преобладают гидрогеологические массивы — Северо-Забайкальский (39₁¹), Цаганский (39₄¹), Нерча-Тунгирский (39₃¹) и др. В них развиты преимущественно воды регионально-трещинные и зон тектонических разломов, по составу в основном гидрокарбонатные, пресные, местами углекислые. К мезозойским впадинам приурочены адартезианские бассейны, часто с наложенными артезианскими бассейнами, с пластово-трещинными и жильными (локально-трещинными) скоплениями подземных вод, обычно пресных гидрокарбонатных, в южной части — слабосолоноватых. Дебиты скважин, вскрывающих воды в артезианских бассейнах и в адбассейнах, 0,1—25 л/с. Дебиты источников гидрогеологических массивов преимущественно от 0,1—0,5 до 1—3 л/с.

Ко второй группе относятся гидрогеологические складчатые области, характеризующиеся широким распространением адмассивов наряду с массивами, а также систем массивов и адмассивов, адмассивов и адбассейнов: Патомская (12), Таймырская (14), Приколымо-Омолонская (17), Верхояно-Колымская (21), Чукотская (23), Даурская (38) и Корякская (34).

Патомская область (12) занимает северную часть Байкальской складчатой области. В ее пределах выделяются Витимо-Патомский массив (12₂) и Приленская система адмассивов и массивов (12₁). Многолетняя мерзлота имеет почти сплошное распространение. Регионально-трещинные воды в метаморфических и изверженных протерозойских породах Витимо-Патомского массива (12₂) обычно пресные с минерализацией 0,1—0,3 г/кг. В зонах разломов отдельными скважинами на глубинах ниже местных базисов эрозии вскрыты воды сульфатного состава с минерализацией до 1—2 г/кг. Дебиты источников колеблются обычно

от 0,01 до 8—10 л/с. Подземные воды Приленской системы в основном пластово-трещинные и пластово-карстово-трещинные с минерализацией до 0,3—0,5 г/кг. Для них вероятна высокая водообильность. Имеются сведения о наличии в зонах разломов соленых вод сульфатного и хлоридного состава.

Таймырская область (14) занимает территорию северного Таймыра. Здесь повсеместно распространена многолетняя мерзлота мощностью до 400—500 м. В Гольцовом (14₅) и других гидрогеологических массивах, где выходят на поверхность кристаллические породы архейского и протерозойского возраста, пресные подземные воды в зоне региональной трещиноватости, вероятно, полностью проморожены. Центральнотаймырская система массивов и адмассивов (14₂) сложена сильно дислоцированными и метаморфизованными терригенно-карбонатными и карбонатными толщами верхнего и нижнего — среднего протерозоя общей мощностью до 10—15 км. В них вероятно наличие подмерзлотных карстово-трещинных и пластово-трещинных подземных вод. В южной части области выделяются Бырангская (14) и Нижне-Пясинская (14₃) системы адмассивов и адбассейнов с пластово-трещинными, трещинно-пластовыми, карстово-трещинными, вероятно, в основном солеными подземными водами в верхнепалеозойских и мезозойских осадочных и реже вулканогенных образованиях.

Приколымо-Омолонская область (17) включает восточную часть Колымского массива — Приколымское поднятие и большую часть Омолонского срединного массива. Многолетняя мерзлота сплошная, мощность до 400—500 м. В этой области широко представлены системы адмассивов и адбассейнов (Приколымская — 17₁ и др.). В их строении участвуют осадочные и вулканогенно-осадочные породы верхнепротерозойского, палеозойского и мезозойского возраста, в разной степени дислоцированные и метаморфизованные. На участках со сравнительно пологим залеганием пород (в адбассейнах) подмерзлотные пластово-трещинные, трещинно-карстовые и трещинно-пластовые воды в верхних горизонтах, возможно, пресные и слабосоленые, в нижних — соленые. В Уляганском адбассейне (17₅), приуроченном к крупной наложенной впадине на Омолонском срединном массиве, выполненной осадочными и вулканогенно-осадочными толщами мелового возраста, вероятно наличие крупных скоплений пресных и слабосоленых трещинно-пластовых и пластово-трещинных подземных вод. В Столбовском массиве (17₂), занимающем сводовую часть Приколымского поднятия, пресные подземные воды в зоне региональной трещиноватости протерозойских (?) кристаллических пород, по-видимому, полностью проморожены.

Верхояно-Колымская область (21) располагается между Сибирской платформой и Колымским срединным массивом. Здесь развита сплошная многолетняя мерзлота мощностью до 500 м. Для этой области весьма характерно широкое развитие систем массивов и адмассивов: Южно-Верхоянской (21₄), Яно-Оймяконской (21₅), Куларской (21₆) и др. Эти структуры сложены в основном сильно метаморфизованными и сильно дислоцированными терригенными толщами верхнего палеозоя и мезозоя. В них встречаются крупные, местами многочисленные интрузии гранитоидов. Подмерзлотные воды в них вскрываются на глубинах 200—300 м, минерализация их колеблется от 0,2 до 3,3 г/кг. Химический состав — гидрокарбонатный и реже сульфатный. Дебиты скважин, вскрывших подмерзлотные воды, обычно не превышают 0,5—1 л/с.

Довольно многочисленны в Верхояно-Колымской области системы адмассивов и адбассейнов: Верхоянская (21₁), Кыллахская (21₂) и др. В этих структурах метаморфизм проявлен в целом слабо и местами наблюдается относительно пологое залегание пластов. Это позволяет предполагать наличие в них пластовых скоплений подземных вод наряду с трещинно-жильными. В Кыллахской (21₂), Омудевской (21₁₅) и

других системах с широким развитием карбонатных толщ палеозойского возраста широко представлены трещинно-карстовые и карстово-трещинно-пластовые воды, иногда дающие источники с дебитами до 1400 л/с в зимнюю межень. В Полоусненской системе (21₁₁) подмерзлотные карстовые воды вскрыты на глубинах 250—350 м. Дебиты источников достигают 450 л/с. Воды по составу гидрокарбонатные с минерализацией 0,1—0,15 г/кг.

Подчиненное значение в области имеют адартезианские и артезианские бассейны. Первые обычно связаны с районами пологих дислокаций в палеозойских и мезозойских терригенных отложениях (Эльгинский — 21₈ и др.). В них вероятно наличие пресных и соленых трещинно-пластовых и пластово-трещинных вод. Артезианские бассейны (Аркагагинский и др.) приурочены к кайнозойским наложенным впадинам, выполненным терригенными, местами угленосными толщами. В Аркагагинском бассейне вскрыты подмерзлотные воды с минерализацией от 0,7 до 5 г/кг гидрокарбонатного и сульфатного состава.

Чукотская область (23) включает складчатые структуры в основном мезозойского возраста, расположенные к востоку от Колымского массива. Многолетняя мерзлота здесь имеет сплошное распространение, мощность ее до 500 м. В Чукотской области выделяются гидрогеологические массивы: Березовский (23₁), Тенканинский (23₇); адартезианские бассейны: Раучуанский (23₄), Мечигменский (23₆) и системы гидрогеологических массивов, адмассивов и адартезианских бассейнов: Анюйская (23₃), Чаунская (23₅) и др.

В Березовском и Тенканинском массивах пресные подземные воды в зонах выветривания и региональной трещиноватости почти всюду проморожены. В Анюйской, Чаунской и других системах гидрогеологические массивы также, вероятно, практически безводны. Вместе с тем в адмассивах и адбассейнах этих систем во многих пунктах (г. Билибино, поселки Красноармейское, Иультин и др.) в мезозойских отложениях вскрыты подмерзлотные пластово-трещинные пресные воды. Дебиты скважин при самоизливе в отдельных пунктах достигали 5 л/с.

В Раучуанском и Мечигменском адбассейнах, сложенных в основном верхнеюрскими и нижнемеловыми терригенными, в разной степени дислоцированными толщами, вероятно наличие пресных и соленых трещинно-пластовых и пластово-трещинных вод. Для Мечигменского адбассейна наличие соленых вод доказывается выходами в его центральной части источников хлоридного состава с минерализацией до 6—8 г/кг.

Даурская область (38) расположена в Юго-Восточном Забайкалье. В западной части ее развиты преимущественно интрузивные породы разного возраста, а также метаморфизованные толщи нижнего и среднего палеозоя. В центральной части распространены в разной степени дислоцированные, преимущественно осадочные терригенные и карбонатные породы верхнего протерозоя, палеозоя и нижнего мезозоя. Большой сложностью геологического строения характеризуется восточная часть области, где развиты разновозрастные интрузивные, метаморфические, осадочные и вулканогенные образования. Для Даурской области весьма характерны наложенные мезозойские впадины.

Даурская область подразделяется на три подобласти. В Горнодаурской подобласти (38₁), охватывающей западную часть территории, выделяется сложный Чикой-Ононский массив (38₁¹) с регионально-трещинными и жильными пресными подземными водами. В крупных зонах разломов установлены выходы термальных гидрокарбонатных (газирующих азотом) и холодных гидрокарбонатных углекислых вод.

В Агинской подобласти (38₂), занимающей центральную часть территории, преобладают системы адмассивов и адбассейнов с пластово-трещинными, трещинно-карстовыми и трещинно-жильными, преимущественно пресными водами. Обводненность этих структур неравномерная.

Дебиты скважин от долей литра в секунду до 3—5 л/с. В южных районах подобласти верхние горизонты подземных вод имеют часто минерализацию до 3—5 г/кг вследствие процессов континентального засоления. Широко распространены холодные гидрокарбонатные углекислые воды.

Наибольшим разнообразием гидрогеологических условий характеризуется восточная часть области — Восточно-Даурская подобласть (38₃). Здесь выделяются системы массивов и адмассивов, адмассивов и адбассейнов, вулканогенных супермассивов и супербассейнов. Во всех этих структурах преобладают регионально-трещинные и пластово-трещинные скопления подземных вод. Дебиты скважин до 1—3 л/с и в единичных случаях до 50—80 л/с. В северо-западной части подобласти распространены холодные углекислые воды; в юго-восточной части начиная с глубин 200—300 м по тектоническим трещинам почти повсеместно встречаются термальные воды гидрокарбонатного состава.

Корякская область (34) состоит из ряда антиклинорий и синклинорий преимущественно северо-восточного простирания. В строении этих структур участвуют в основном сильно дислоцированные вулканогенные и терригенные отложения мелового возраста общей мощностью более 7—8 км. В ядрах антиклинорий местами обнажены сильно метаморфизованные толщи палеозоя. В строении крупных синклинорий структур на востоке области участвуют относительно слабо дислоцированные вулканогенные и терригенные толщи неогена и палеогена. Наиболее широко в пределах области развиты системы массивов и адмассивов: Таловско-Майнская (34₂), Центрально-Корякская (34₇) и др. Наличие многочисленных наледей в этих структурах свидетельствует о их значительной обводненности. Возможно, что в питании наледей участвуют и воды наложенных вулканогенных структур (Куйбисевский супермассив — 34₃ и др.).

В Пылгинской системе (34₁₇) дебиты источников часто достигают 1—2 л/с, а дебиты скважин при самоизливе до 4—5 л/с. Минерализация воды 0,3—1,1 г/кг. В области выделяется ряд артезианских бассейнов (Парапольский — 34₁, Хатырский — 34₁₁ и др.) и адбассейнов (Беринговский — 34₁₀ и др.). В верхних горизонтах этих структур, по-видимому, содержатся пресные порово-трещинно-пластовые и пластово-трещинные воды, а в нижних начиная с глубин 400—500 м — соленые воды хлоридного состава. В Беринговском адбассейне воды верхних подмерзлотных горизонтов на глубинах от 40 до 190 м пресные (0,5—0,8 г/кг), а на глубинах около 400 м солоноватые (до 3 г/кг).

К третьей группе относятся гидрогеологические складчатые области, характеризующиеся широким распространением вулканогенных супербассейнов и супермассивов, наложенных на различные гидрогеологические структуры.

Охотская область (24) приурочена к Охотскому массиву, разбитому крупными разломами на ряд блоков. В некоторых из них (Кухтуйский) выходят на поверхность кристаллические породы (А?), в других блоках (Юдомский, Инский и др.) кристаллические породы погружены на глубины 4—5 км, местами до 9—10 км. В таких блоках на кристаллическом фундаменте полого залегают терригенные и карбонатные толщи рифея мощностью до 1600 м, нижнего палеозоя (до 2200 м), терригенные толщи перми (до нескольких тысяч метров) и терригенные толщи триаса и юры (до 1000—2000 м). Для рассматриваемой области характерно широкое развитие вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ верхней юры, мела и палеогена общей мощностью до 2500—3000 м, перекрывающих различные геологические структуры. На основании геолого-тектонических данных здесь выделяются: Кухтуйская система гидрогеологических массивов и адмассивов (24₁), системы вулканогенных супербассейнов и супермассивов (Ульинская — 24₅ и др.), адартезиан-

ские бассейны (Агаяканский — 24₃ и др.) и Нижне-Охотский артезианский бассейн (24₆).

В пределах массивов и адмассивов господствуют трещинные и жильные пресные воды. Судя по обилию крупных наледей, наиболее водоносны вулканогенные супербассейны и супермассивы, содержащие пресные гидрокарбонатные воды. В Нижне-Охотском артезианском бассейне, выполненном рыхлыми четвертичными и терригенными угленосными отложениями неогена, скважинами вскрыты порово-пластовые и трещинно-пластовые воды хлоридного натриевого состава с минерализацией до 6 г/кг. Удельные дебиты скважин 0,1—0,7 л/с.

Охотско-Чукотская область (25) протягивается от Охотского массива до п-ва Чукотка и приурочена к одноименному вулканогенному поясу. Здесь выходят на поверхность вулканогенные толщи мелового и палеогенового возраста, прорванные многочисленными интрузиями гранитоидов. Общая мощность этих отложений от нескольких сот метров до 3—4 км. Многолетняя мерзлота в пределах области имеет преимущественно сплошное распространение. Мощности ее в пределах водоразделов в северной части области 300—500 м, в южной части не более 300 м, а в приморских районах до 50—100 м.

В Охотско-Чукотской области распространены в основном системы вулканогенных супербассейнов, супермассивов и массивов: Тауйская (25₁), Гижигинская (25₂), Эскимосская (26₆) и др. Вулканогенные супермассивы и особенно супербассейны в этих системах содержат значительные скопления в основном пластово-трещинных и трещинно-жильных подмерзлотных пресных вод. Дебиты многочисленных источников 10—14 л/с и более. Для этих структур весьма характерно широкое распространение гигантских наледей, образующихся в местах разгрузки подземных вод. Минерализация воды 0,1—0,2 г/кг.

Сихотэ-Алиньская область (43) занимает систему горных хребтов Сихотэ-Алиня и междуречье Амура и Амгуни. Эта территория сложена в основном верхнепалеозойскими и мезозойскими вулканогенно-осадочными и осадочными толщами, прорванными многочисленными интрузиями гранитоидов. Обширные площади перекрыты эффузивными образованиями мелового и кайнозойского возраста. Так, в восточной части области на протяжении 1000 км прослеживается Прибрежный вулканогенный пояс, в котором мощность эффузивных пород достигает 2—3 км. В пределах Сихотэ-Алиньской области расположена Средне-Амурская впадина, выполненная мезокайнозойскими песчано-глинистыми толщами мощностью до 2 км, представляющая собой артезианский бассейн. В области широко распространены системы массивов и адмассивов: Куканская (43₁), Баджальская (43₂) и др. Они занимают более половины территории рассматриваемой области. Дебиты скважин в зонах выветривания обычно не превышают 0,5—0,8 л/с, а в зонах тектонических нарушений достигают 5—17 л/с. Воды пресные, преимущественно гидрокарбонатные. С зонами крупных разломов связаны выходы углекислых холодных, а также азотных гидрокарбонатных термальных вод.

В артезианских бассейнах (Средне-Амурский — 43₁₈, Нижне-Амурский — 43₂₀ и др.), а также в адбассейнах (Нижне-Уссурийский — 43₁₀ и др.) содержатся пресные порово-пластовые, трещинно-пластовые и пластово-трещинные воды. В артезианских бассейнах дебиты скважин 50—70 л/с, в адбассейнах 1—1,5 л/с. Наиболее крупной системой вулканогенных супербассейнов и супермассивов является Восточно-Сихотэ-алиньская (43₁₇). В ее строении участвуют эффузивы мелового и кайнозойского возраста. Наибольшей обводненностью обладают базальты неоген-нижнечетвертичного возраста. В долинах рек дебиты скважин до 55 л/с. Водоразделы в значительной степени сдренированы. Дебиты скважин здесь до 0,5 л/с, за исключением зон разломов, где они дости-

гают 1—3 л/с. Сходные гидрогеологические условия свойственны и другим системам вулканогенных супербассейнов и супермассивов области.

Западно-Камчатская область (33) характеризуется отсутствием современной вулканической деятельности. Большая часть территории, прилегающая к Охотскому морю, представляет собой прогиб (Западно-Камчатский), сложенный в разной степени дислоцированными, слабо метаморфизованными преимущественно терригенными породами верхнего мела, палеогена и неогена, залегающими на кристаллических породах палеозойского (?) возраста. С востока Западно-Камчатский прогиб граничит с Центрально-Камчатским антиклинорием, приуроченным к Срединному хребту. В строении его участвуют преимущественно вулканогенные толщи мелового, палеогенового и неогенового возраста, на значительной площади перекрытые кайнозойскими эффузивами, занимающими обширные вулканические нагорья и плато с многочисленными вулканическими конусами. В южной части антиклинория выходят на поверхность кристаллические породы палеозойского возраста, прорванные многочисленными интрузиями.

В пределах рассматриваемой области выделяются следующие гидрогеологические структуры: гидрогеологические массивы (Малкинский — 33₂), адмассивы (Центрально-Камчатский — 33₇, Козыревский — 33₈), адбассейны (Тигильский — 33₃, Кинкильский — 33₆), артезианские бассейны (Большерецкий — 33₁, Паланский — 33₄) и системы вулканогенных супермассивов и супербассейнов (Срединно-Камчатская — 33₅, Ичинская — 33₉).

Для Малкинского массива характерно распространение трещинно-жилых пресных вод (минерализация 0,02—0,1 г/кг). К тектоническим разломам приурочены холодные углекислые гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые воды (минерализация до 5 г/кг). Из микрокомпонентов в этих водах отмечены в значительных количествах марганец, стронций, литий, цинк и др.

В адмассивах предполагается развитие пластово-трещинных и трещинно-жилых вод с минерализацией от 0,05 до 0,5 г/кг. На участках развития гидротермально-измененных пород имеются кислые сульфатные кальциевые воды с минерализацией до 3,5 г/кг. С глубокими разломами связаны многочисленные выходы термальных вод преимущественно сульфатного натриево-кальциевого и кальциево-натриевого состава с минерализацией 1—2 г/кг. В составе газов этих вод преобладает азот. Здесь же встречаются и углекислые гидрокарбонатные натриевые термальные источники с минерализацией 3—5 г/кг. Для азотных сульфатных гидротерм характерно наличие повышенных содержаний мышьяка, сурьмы, свинца, меди, цинка, молибдена, германия, реже ртути, серебра, золота, а для углекислых — марганца, мышьяка, лития, цинка.

В артезианских бассейнах (Тигильский адбассейн — 33₃) на глубинах 200—400 м в палеогеновых отложениях встречаются пластово-трещинные и трещинно-жилые гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 11 г/кг. Состав газа метановый. В более глубоких частях разреза можно ожидать наличия и более соленых вод.

Артезианские бассейны, занимающие значительную часть области, сложены четвертичными рыхлыми образованиями мощностью до 300 м и слабо уплотненными осадочными образованиями неогена мощностью до 1000 м и более. Они содержат порово-пластовые скопления подземных вод. Значительной водообильностью характеризуются четвертичные отложения (дебиты источников от 0,1 до 30 л/с). Воды в них гидрокарбонатные магниево-кальциевые с минерализацией 0,02—0,2 г/л. На глубинах 400—500 м в Большерецком бассейне (33₁) в неогеновых отложениях скважинами вскрываются хлоридно-гидрокарбонатные воды с минерализацией до 1 г/кг и более. Состав газа азотно-метановый.

В системах вулканогенных супермассивов и супербассейнов распространены преимущественно пластово-трещинные, реже порово-пластовые, пресные гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава воды с минерализацией 0,1—0,2 г/кг. Источники этих вод часто представляют собой пластовые выходы, иногда протягивающиеся на 1,5—2,0 км, а дебиты их составляют сотни, а иногда и тысячи литров в секунду.

Восточно-Камчатская область (44) включает в себя Центрально-Камчатский прогиб, Восточно-Камчатский антиклинорий и Восточно-Камчатский прогиб. В геологическом строении области участвуют в разной степени дислоцированные терригенные, туфогенно-осадочные и вулканогенные породы мелового, палеогенового и неогенового возраста. Дислоцированность толщ увеличивается вниз по разрезу. В пределах Восточно-Камчатского прогиба отмечаются многочисленные интрузии основного и реже кислого состава. На различные структуры Восточно-Камчатской области наложены четвертичные вулканические образования (Восточный вулканический пояс) с многочисленными современными действующими вулканами. В пределах области выделяются гидрогеологические массивы (Восточных полуостровов — 44₆ и др.), адмассивы (Валагинско-Ганальский — 44₃ и др.), адбассейны (Восточно-Камчатский — 44₈ и др.), артезианские бассейны (Центрально-Камчатский — 44₁) и системы вулканогенных супермассивов и супербассейнов (Авачинско-Ключевская — 44₇ и др.).

В гидрогеологических массивах предполагается развитие трещинно-жилых пресных вод различных по химическому составу. Адмассивы на значительной площади перекрыты четвертичными эффузивными породами. В пределах адмассивов преимущественно распространены пластово-трещинные и трещинно-жилые гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные воды с минерализацией 0,1—0,3 г/кг. Дебиты источников обычно 1—5 л/с. К разломам приурочены многочисленные термальные источники различного ионного и газового состава. Преобладают хлоридные натриевые воды, азотные и азотно-углекислые. Минерализация вод горячих источников 0,3—6 г/кг. В них постоянно присутствуют As, Li, F и другие компоненты.

Из адбассейнов наиболее изучен Восточно-Камчатский (44₈), в пределах которого отмечаются небольшие по размерам наложенные артезианские бассейны с порово-пластовыми скоплениями хлоридно-гидрокарбонатных и гидрокарбонатных вод с минерализацией 0,1—1,0 г/кг. Дебиты скважин 0,7—2,7 л/с. Водоносный комплекс неоген-палеогеновых отложений адбассейна содержит трещинно-пластовые и трещинно-жилые хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией от 1 до 25 г/кг. В них содержатся (в мг/кг): бром — до 61, йод — до 50, В₂O₃ — до 55. Максимальная температура отмечена на глубине 2200 м — 78°С. Минеральные источники, связанные с разломами, обычно азотные и метановые различного химического состава (минерализация 0,2—2 г/кг) с температурой 3—72°С. Из микрокомпонентов в них имеются В, Вг, F и др.

В Центрально-Камчатском артезианском бассейне развиты порово-пластовые и трещинно-пластовые пресные (0,1—1,0 г/кг) подземные воды преимущественно хлоридно-гидрокарбонатного и хлоридного состава. Дебиты источников обычно не превышают 2,5 л/с, а удельные дебиты скважин и колодцев 2,5—10 л/с. Минеральные источники в пределах бассейна (холодные и термальные) хлоридные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией до 8 г/кг, углекислые.

Системы вулканогенных супермассивов и супербассейнов приурочены к вулканическим плато и конусам. Для них характерна активная современная деятельность вулканов. Имеется 28 действующих вулканов, с которыми связаны минеральные воды специфического состава

(сероводородно-углекислые и углекислые кислые фумарольные термы). В эффузивах и их туфах, слагающих супермассивы и супербассейны, преобладают пластово-трещинные и реже порово-пластовые подземные воды с минерализацией до 0,2 г/кг. На участках развития гидротермально-измененных пород обычно циркулируют кислые воды рудничного типа.

Восточно-Камчатская область в связи с интенсивными проявлениями современной вулканической деятельности характеризуется значительным разнообразием минеральных вод. Среди них выделяются: 1) сероводородно-углекислые и углекислые фумарольные термы; 2) углекислые и азотно-углекислые термы; 3) азотные термы; 4) метановые и азотно-метановые термы; 5) углекислые холодные воды и 6) кислые воды рудничного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басков Е. А., Зайцев И. К. Основные черты гидрогеологии Сибирской платформы. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1963, т. 101, с. 89—151.
2. Гидрогеология СССР. В 50-ти т. Глав. ред. А. В. Сидоренко. Т. 19, 1968, 495 с.; т. 20, 1970, 383 с.; т. 21, 1969, 443 с.; т. 22, 1970, 432 с.; т. 23, 1971, 512 с.; т. 24, 1972, 343 с.; т. 26, 1972, 296 с.; т. 28, 1972, 479 с. М., «Недра».
3. Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Основы структурно-гидрогеологического районирования. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1963, т. 101, с. 5—35.
4. Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Классификация подземных вод и горных пород — основа гидрогеологического картирования и районирования. — В кн.: Проблемы гидрогеол. картиров. и райониров. (тезисы докладов к совещанию). Л., 1971, с. 4—16.
5. Индолева Н. И., Толстихин Н. И., Толстихин О. Н. Гидрогеологическое районирование Северо-Востока СССР. — В кн.: Геокриол. и гидрогеол. исследования Сибири. Якутск, Якутское кн. изд-во, 1972, с. 113—124.

Е. А. Басков, Я. В. Неизвестнов, Н. А. Петрова, С. Н. Суриков

ОСТРОВНЫЕ И СУБАКВАЛЬНЫЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

Острова и прилегающие к ним акватории объединяются в гидрогеологические структуры (см. карту).

Североземельская гидрогеологическая складчатая область (15) занимает восточную часть о-ва Октябрьской революции и о-в Большевик, архипелаг Норденшельда и прилегающие к ним субаквальные части зон палеозойской складчатости с маломощным прерывистым чехлом кайнозойских осадков. В пределах области имеются крупные гидрогеологические массивы (Карпинского — 15₁, о-ва Большевик — 15₂), в которых пресные подземные воды приурочены только к сезонноталому слою. Исключение могут представлять районы, занятые крупными ледниками. Субаквальные структуры (адбассейны Таймырского мелководья — 15₆, пролива Шокальского — 15₇, пролива Вилькицкого — 15₉ и др.), по-видимому, характеризуются наличием соленых вод морского происхождения.

Вайгач-Новоземельская гидрогеологическая складчатая область (16) занимает территорию островов Новая Земля, Вайгач и прилегающих к ним субаквальных складчатых структур, перекрытых маломощными осадками. В геологическом строении территории участвуют в основном палеозойские терригенные, карбонатные и вулканогенные толщи, характеризующиеся интенсивным развитием складчатых и разрывных дислокаций. В пределах этой области выделяется несколько адмассивов (Вайгачский — 16₁, Южно-Новоземельский — 16₂ и др.) и адбассейнов (Кароман-Кульский — 16₅ и др.). Верхние водоносные горизонты в них заморожены. Подмерзлотные воды, вероятно, рассольные. В Северо-Новоземельском адмассиве под ледниками возможно наличие в горных породах пресных и слабосоленых вод [5].

Ляховская гидрогеологическая складчатая область (27) занимает западную часть архипелага Новосибирских островов: о-в Котельный, Ляховские и другие острова, в пределах которых выходят на поверхность сильно дислоцированные толщи верхнего протерозоя, палеозоя и мезозоя (до верхнего мела), местами с многочисленными интрузиями. Кроме того, к этой области отнесены и прилегающие к островам субаквальные зоны мезозойской складчатости. В пределах области выделяются гидрогеологические массивы (Кигиляхский — 27₃, Северо-Ляховский — 27₄ и др.), адмассивы (о-ва Бельковского — 27₁, о-ва Котельный — 27₂ и др.), адбассейны (пролива Зори — 27₆, Балыктыхский — 27₇ и др.). Пресные подземные воды представлены маломощными линзами сезонноталого слоя. Подмерзлотные воды рассольные [5].

Сахалинская гидрогеологическая складчатая область (32) занимает территорию о-ва Сахалин. В южной части острова распространены преимущественно терригенные в разной степени дислоцированные отложения верхнего мела и палеогена. Общая мощность их 6—7 км. В Восточно-Сахалинском антиклинории выходят на поверхность сильно дислоцированные метаморфизованные породы палеозойского и юрско-нижнемелового возраста мощностью более 8—10 км. В северной части

острова развиты главным образом неогеновые и палеогеновые полого залегающие толщи мощностью 5—9 км. В Сахалинской области выделяются гидрогеологические массивы (Восточно-Сахалинский — 32₁₃ и др.), адмассивы (Западно-Сахалинский — 32₁₀ и др.), адбассейны (Татарский — 32₈ и др.) и артезианские бассейны (Северо-Сахалинский — 32₂, Поронайский — 32₄ и др.). Гидрогеологические массивы содержат пресные в основном трещинно-грунтовые воды, связанные с зоной выветривания до глубин 100—150 м. Дебиты скважин 0,5—1,0 л/с. Большой водообильностью обладают закарстованные карбонатные толщи в пределах массивов (дебиты источников до 10 л/с, дебиты скважины до 15 л/с). Адмассивы сложены верхнемеловыми сильно дислоцированными отложениями и содержат пластово-трещинные и локально-жильные подземные воды. В Западно-Сахалинском адмассиве известно множество источников с дебитами до 0,2—0,3, реже до 2—10 л/с. Скважинами на глубинах 80—100 м вскрываются воды с минерализацией до 2 г/кг гидрокарбонатного состава. С наиболее крупными разломами связаны выходы холодных углекислых вод гидрокарбонатного состава с минерализацией до 8,5 г/кг, а также термальных вод гидрокарбонатных метановых с минерализацией до 1,2 г/кг [1, т. 29]. В артезианских бассейнах и адбассейнах содержатся в основном соленые воды хлоридно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава часто с высокими содержаниями йода (до 25, реже до 60—80 мг/кг). Мощность зоны соленых вод в Северо-Сахалинском бассейне (32₂) превышает 3—5 км. Мощность зоны пресных вод колеблется от 100—300 м (в сводах антиклинальных структур) до 1000—2000 м (в синклинальных зонах).

Курильская гидрогеологическая складчатая область (45) приурочена к островным дугам Большой и Малой Курильских гряд, представляющих собой две геоантиклинали, разделенные между собой продольным прогибом [2, 4]. Малая Курильская дуга является южным продолжением подводного хр. Витязя. Большие и Малые Курильские острова представляют собой надводные части этих геоантиклиналей. Большая Курильская гряда сложена в основном осадочными и осадочно-вулканогенными толщами палеоген-неогенового возраста, собранными в относительно простые складки. Выше залегают эффузивы. Характерной чертой Большемурильского антиклинория является широкое развитие в его пределах современного вулканизма. Здесь насчитывается около 40 действующих вулканов. В строении Малой Курильской гряды участвуют метаморфизованные осадочные и осадочно-вулканогенные образования верхнего мела и палеогена. Продольный прогиб, разделяющий эти гряды, заполнен, по геофизическим данным, осадками мощностью около 3 км. В этой впадине и сейчас происходит интенсивное накопление современных осадков [4].

Большая часть структур Курильской области перекрыта морскими водами; изучены лишь надводные части гидрогеологических структур ее. Все субаквальные структуры выделяются условно на основании весьма ограниченных геолого-тектонических, геофизических и геоморфологических данных [1, 2, 3, 4]. Система гидрогеологических структур Большой Курильской гряды (45₁) отличается сложностью. В ее пределах наибольшим распространением пользуются адмассивы, адбассейны и вулканогенные супермассивы и супербассейны и в меньшей мере массивы и мелкие наложенные артезианские бассейны. В адмассивах преобладают пластово-трещинные и трещинно-жильные воды, пресные в субаэральных условиях и соленые в субаквальных. В адартезианских бассейнах воды трещинно-пластовые и трещинно-жильные хлоридного натриевого состава с минерализацией до 30 г/кг (Горячий Пляж). Вулканогенные супермассивы и супербассейны обладают высокой водообильностью. В них содержатся покрово-трещинные, порово-покрововые

и трещинно-жильные скопления подземных вод. Дебиты источников, связанных с лавовыми потоками и покровами, составляют десятки и сотни литров в секунду. Вне влияния современных вулканических процессов это пресные воды (минерализация 0,1—0,3 г/кг), гидрокарбонатные магниево-кальциевые. В субаквальных условиях они содержат морские воды. В пределах вулканических построек в кальдерах, кратерах и на склонах широко развиты различные минеральные и термальные воды, преимущественно кислые сероводородно-углекислые [1, т. 24].

В пределах Малой Курильской гряды и ее подводного продолжения — хр. Витязя, а также западного борта Курило-Камчатского глубоководного желоба (до глубин 5000 м) предположительно выделяются следующие системы гидрогеологических адмассивов и адартезианских бассейнов: Малокурильская (45₄), северной части хр. Витязя (45₅), Восточно-Курильская (45₆).

В пределах продольного прогиба, разделяющего антиклинории Большой и Малой Курильских гряд, можно допускать наличие двух крупных субаквальных артезианских бассейнов: Южно-Курильского (45₂) и Северо-Курильского (45₃). В них, по-видимому, содержатся порово-пластовые и трещинно-пластовые соленые подземные воды хлоридного натриевого состава седиментационного генезиса. Так же как и в пределах Восточно-Камчатской гидрогеологической области, характеризующейся интенсивными проявлениями современного вулканизма, в Курильской гидрогеологической области широко развиты проявления различных минеральных вод (кислых сероводородно-углекислых фумарольных терм, азотно-углекислых и азотных, азотно-метановых и метановых углекислых холодных) [1, т. 24].

Командорская гидрогеологическая складчатая область (47) включает Командорские острова и прилегающие к ним субаквальные структуры современных геосинклинальных зон. Эта территория представляет собой западную окраину тектонической структуры Алеутской островной дуги [2, 3]. На островах Беринга и Медном выходят на дневную поверхность в разной степени дислоцированные терригенные и вулканогенные толщи палеогенового и неогенового возраста. Углы падения пород на о-ве Беринга обычно не превышают 10—15°. В гидрогеологическом отношении Командорская область представляет собой в основном систему адмассивов, адбассейнов и вулканогенных структур. На островах в верхних горизонтах развиты пресные воды атмосферного питания, на больших глубинах (ниже уровня океана на 300—400 м) и в субаквальных структурах развиты преимущественно соленые воды океанического происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР. В 50-ти т. Глав. ред. А. В. Сидоренко. Т. 24, 1972, 343 с.; т. 29, 1972, 364 с. М., «Недра».
2. Земная кора островных дуг и дальневосточных морей. М., «Наука», 1972, 239 с.
3. Калинин М. К. Нефтегазоносность акваторий мира. М., «Недра», 1969, 223 с.
4. Левин Л. Э., Зорина Ю. Г., Милашин А. П. Тектонические и литолого-стратиграфические предпосылки поисков нефти и газа во впадинах группы дальневосточных морей. — «Морская геология и геофизика», 1971, вып. 2, с. 61—74.
5. Неизвестнов Я. В., Обидин Н. И., Толстухин Н. И., Толстухин О. Н. Гидрогеологическое районирование и гидрогеологические условия Советского сектора Арктики. — В кн.: Геол. и полез. ископ. севера Сибирской платформы. Л., 1971, с. 92—105.

Е. А. Басков, Я. В. Неизвестнов, С. Н. Суриков

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ АКВАТОРИЙ

В пределах акваторий СССР расположено несколько артезианских и гидрогеологических складчатых областей (см. карту). Об общих гидрогеологических условиях этих областей можно судить только предположительно, на основании главным образом геофизических данных об их геолого-структурных особенностях и по аналогии с субаэральными областями, характеризующимися сходными геолого-структурными условиями [1, 2, 3, 4].

СУБАКВАЛЬНЫЕ АРТЕЗИАНСКИЕ ОБЛАСТИ И БАССЕЙНЫ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ТИХОГО ОКЕАНА

Берингоморская артезианская область (X) приурочена к впадине Берингова моря. В пределах области устанавливаются слабо метаморфизованные пологозалегающие толщи кайнозойского и, возможно, верхнемелового возраста общей мощностью от 1—2 до 8—10 км [2, 3]. В Берингоморской области в зависимости от особенностей ее структурного плана может быть намечено несколько субаквальных артезианских бассейнов: Мечигменско-Нортонский (X_1), бассейн Анадырского залива (X_5) и др. Одни из них тесно связаны с артезианскими структурами суши (например, бассейн Анадырского залива — X_5), другие (Прилаврентьевский — X_2) примыкают к гидрогеологическим областям суши, а ряд крупных бассейнов (Северо-Алеутский — X_{10} и др.) располагаются во внутренних частях области и не граничат со структурами суши. В некоторых бассейнах (Матвеевский — X_3) намечается широкое распространение вулканогенных образований. Артезианские воды Мечигменско-Нортонского, Прилаврентьевского и Матвеевского бассейнов частично разгружаются на дневную поверхность в прибрежных зонах Чукотского полуострова.

Восточно-Камчатскоморская артезианская область (XI) расположена в зоне шельфа, прилегающей к Восточной Камчатке. Здесь развиты мощные (до 8—10 км) толщи вулканогенно-осадочных и осадочных образований кайнозойского возраста. Залегают они, вероятно, довольно полого и слабо метаморфизованы [2, 3]. Имеющиеся геологические данные позволяют наметить здесь ряд артезианских бассейнов: Авачинский (XI_1), Кроноцкий (XI_2) и Чажминский (XI_3), содержащих, по-видимому, порово-трещинно-пластовые скопления подземных вод.

Охотскоморская артезианская область (XIV) занимает территорию Охотского моря и включает ряд крупных впадин, сложенных слабо метаморфизованными, полого залегающими осадочными и вулканогенно-осадочными толщами кайнозойского возраста общей мощностью до 6—8 км. Впадины разделяются поднятиями, в пределах которых мощность осадочных толщ сокращается до 1—2 км [1, 2, 3]. В соответствии со структурным планом Охотскоморской области в ней выделяется несколько артезианских бассейнов: Северо-Охотский (XIV_1), Прикамчат-

ский (XIV₂) и др. На северном побережье Охотского моря наблюдается разгрузка подземных вод Северо-Охотского артезианского бассейна (источники Мотыклейские, Беренджинские). Относительно небольшая, до 5 г/кг, минерализация вод этих источников (состав их хлоридный кальциево-натриевый и натриево-кальциевый) обусловлена смешением артезианских вод с водами атмосферного питания.

Японскоморская артезианская область (XV) в пределы рассматриваемой территории входит своей северной частью, включающей Иссикари-Татарский (XV₁), Западно-Японскоморский (XV₂) и Северо-Японскоморский артезианские бассейны. В Иссикари-Татарском бассейне мощность осадочного чехла (преимущественно, вероятно, палеогенового и неогенового возраста) достигает 7—8 км [1, 2, 3]. Во всех этих бассейнах содержатся, по-видимому, в основном порово-трещинно-пластовые скопления подземных вод.

Алеутский (XII₁) и Курило-Камчатский (XII₂) артезианские бассейны глубоководных желобов характеризуются наличием слабо уплотненных и слабо дислоцированных преимущественно терригенных толщ кайнозойского возраста мощностью до 2000—3000 м [1, 2, 3]. По-видимому, они содержат в основном порово-пластовые скопления подземных вод.

В пределы рассматриваемой территории входит небольшая часть гидрогеологических структур ложа Тихого океана — окраина *Северо-Западного Тихоокеанского талассобассейна (XIII)*. В строении этих структур большая роль принадлежит вулканогенным образованиям. Общая мощность осадочных и вулканогенных слабо метаморфизованных толщ до 1—3 км [1, 2, 3]. Подземные воды в них в основном порово-пластовые и трещинно-пластовые. Химический состав и степень минерализации подземных вод во всех перечисленных выше субаквальных артезианских бассейнах не изучены, но на основании учета геологического строения и теоретических предпосылок можно предполагать, что в них преобладают хлоридные натриевые или кальциево-натриевые воды с минерализацией до 35 г/кг, возможно, несколько больше.

СУБАКВАЛЬНЫЕ АРТЕЗИАНСКИЕ ОБЛАСТИ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

На территории субаквальной части Советской Арктики выделяются (см. карту) Чауно-Чукотскоморская (XVI), Гиперборейская (XVII), Восточно-Сибирская (XVIII), Яно-Колымскоморская (XIX), Лаптевоморская (XX), Карскоморская (XXI), Баренцевоморская (XXII), Балтийскоморская (XXIV), Евразийская (XXV), Амеразийская океаническая (XXVI) артезианские области, а также Беломорский артезианский бассейн (XXIII). Эти артезианские структуры, за исключением Евразийской и Амеразийской областей, расположены в пределах шельфа [4]. Мощность постгеосинклинальных осадочных и вулканогенно-осадочных образований достигает в них 8—10 км. В эти структуры входят также части островной суши (острова Врангеля, Новосибирские, Северная Земля, Земля Франца Иосифа и др.), сложенные слабо метаморфизованными и слабо дислоцированными осадочными и осадочно-вулканогенными толщами разного возраста. В пределах Чауно-Чукотскоморской (XVI) и Восточно-Сибирской (XVIII) областей осадочный чехол сложен мезозойскими и кайнозойскими образованиями. В Карскоморской (XXI) и Баренцевоморской (XXII) областях также широко развиты осадочные толщи палеозойского возраста. Фактические сведения о гидрогеологических условиях артезианских структур в субаквальной части Советской Арктики практически отсутствуют. Также крайне ограничены сведения о водоносности пород в районах островной суши

этой территории [4]. Вместе с тем несомненно, что в артезианских структурах субаквальной части Советской Арктики преимущественным распространением пользуются соленые и слабосоленые (минерализация до 70—140 г/кг) порово-трещинно-пластовые скопления подземных вод седиментогенного происхождения. В Северо-Карском (XXI₂), Колгуевском (XXII₁) и ряде других бассейнов широко развиты, по-видимому, скопления крепких рассолов, связанные с палеозойскими галогенными толщами. В пределах островной суши и в прилегающих к ним субаквальных участках бассейнов в верхних частях разреза в результате процессов промерзания захороненных морских вод формируются рассольные воды с минерализацией до 70—170 г/кг. Многие субаквальные артезианские бассейны, прилегающие к области суши (Южно-Карский, Предновоземельский и др.), тесно связаны с артезианскими структурами суши [4].

В артезианских структурах Евразийской (XXV) и Американо-Азиатской (XXVI) океанических областей содержатся в основном порово-пластовые соленые хлоридные воды, захороненные с осадками, с минерализацией до 35—40 г/кг. Мощность слабоуплотненных осадочных образований кайнозойского возраста в этих структурах достигает 500—2000 м.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СУБАКВАЛЬНЫЕ СКЛАДЧАТЫЕ ОБЛАСТИ ХРЕБТОВ ГАККЕЛЯ (46) И ЛОМОНОСОВА (49)

Эти области расположены в Северном Ледовитом океане [4]. Высота хребтов над ложем океанических впадин достигает 3000 м. В гидрогеологическом отношении эти структуры совершенно не изучены. Особенностью хр. Гаккеля является довольно высокая сейсмичность и интенсивный вулканизм, тогда как хр. Ломоносова асейсмичен и характеризуется корой материкового (или субматерикового) типа. Все это предопределяет существенные различия в гидрогеологии этих областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земная кора островных дуг и дальневосточных морей. М., «Наука», 1972, 239 с.
2. Калинин М. К. Нефтегазоносность акваторий мира. М., «Недра», 1969, 223 с.
3. Левин Л. Э., Зорина Ю. Г., Милашин А. П. Тектонические и литолого-стратиграфические предпосылки поисков нефти и газа во впадинах группы дальневосточных морей.— «Морская геология и геофизика», 1971, вып. 2, с. 61—74.
4. Неизвестнов Я. В., Обидин Н. И., Толстихин Н. И., Толстихин О. Н. Гидрогеологическое районирование и гидрогеологические условия советского сектора Арктики.— В кн.: Геол. и полез. ископ. севера Сибирской платформы. Л., 1971, с. 92—105.

УДК 556.3.

Зайцев И. К. Принципы гидрогеологического районирования и типизации гидрогеологических структур. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 5—9.

В статье показано, что основными типами гидрогеологических структур на территории СССР являются артезианские и адартезианские бассейны, артезианские своды, гидрогеологические массивы и адмассивы, вулканогенные супербассейны и супермассивы, которые отличаются друг от друга геологической и гидрогеологической историей развития, формой и преобладанием в их пределах определенных типов скоплений подземных вод.

Ил. 1, список литературы — 8 назв.

УДК 556.3(470.5+479)

Авчинникова М. Н., Егоров С. В., Морозов В. М., Пустовалова Г. И., Сырица Н. И. Гидрогеологические структуры Европейской части СССР, Урала и Кавказа. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 10—35.

В статье по данным исследований последних лет приводится гидрогеологическое районирование Европейской части СССР, Урала и Кавказа, дается краткое описание гидрогеологических структур, их гидрохимической, гидродинамической и гидротермической зональностей, содержания в водах микрокомпонентов и закономерностей распространения минеральных вод в структурах разного типа.

Список литературы — 9 назв.

УДК 556.3(575+574.1)

Тарасов В. М. Гидрогеологические структуры Средней Азии и Западного Казахстана. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 36—46.

На основе многолетних исследований и использования литературных источников произведено гидрогеологическое районирование территории Средней Азии и Западного Казахстана. Выделены различные гидрогеологические структуры — артезианские бассейны, гидрогеологические складчатые области, гидрогеологические массивы и адмассивы, межгорные артезианские бассейны — и установлены их гидрохимические и гидротермические особенности. Выявленные гидрохимические закономерности позволили наметить несколько типов артезианских (в том числе межгорных) бассейнов и гидрогеологических складчатых областей.

Список литературы — 5 назв.

УДК 557.3(-02)(571.1)

Белякова Е. Е. Гидрогеологические структуры Казахстана. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 47—59.

В статье рассматривается районирование Казахстана по типам гидрогеологических структур, характеризуются структуры разного типа, их водоносность, химический, отчасти газовый состав подземных вод, гидрохимическая зональность и гидротермический режим. Делаются выводы о перспективах структур разного типа на воды для водоснабжения, минеральные и промышленные воды.

Список литературы — 6 назв.

УДК 556.3(-02)(571.1)

Зуев А. В., Учителева Л. Г. Гидрогеологические структуры Западной и Средней Сибири. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 60—69.

В статье дано гидрогеологическое районирование Западно-Сибирской артезианской области, Саяно-Алтайской и Енисейской гидрогеологических складчатых областей. Рассмотрены гидрогеохимические особенности выделенных структур, показаны возможности практического использования подземных вод различных типов гидрогеологических структур.

Список литературы — 6 назв.

УДК 556.3(571.5/6)

Басков Е. А., Климов Г. И., Кириухин В. А., Суриков С. Н., Петрова Н. А., Толстихин О. Н. Гидрогеологические структуры Восточной Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока СССР. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 229, с. 70—82.

В соответствии с особенностями геологического строения, тектоники и условиями распространения основных типов водоносных комплексов в пределах рассматриваемой

территории выделяется большой ряд разнообразных гидрогеологических структур различных порядков и дается их краткая характеристика по гидрогеологическим и гидрогеохимическим показателям.

Список литературы — 5 назв.

УДК 556.3(265+268)

Басков Е. А., Неизвестнов Я. В., Петрова Н. А., Суриков С. Н. Островные и субаквальные гидрогеологические структуры. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 83—85.

Приводится краткая характеристика гидрогеологических структур, приуроченных к островам и их субаквальным продолжениям в пределах бассейнов Северного Ледовитого океана и северо-западного сектора Тихого океана.

Список литературы — 5 назв.

УДК 556.3(268+265)

Басков Е. А., Неизвестнов Я. В., Суриков С. Н. Гидрогеологические структуры акваторий. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1974, т. 229, с. 86—88.

На основании геолого-тектонических и геофизических данных в порядке прогноза в пределах окраинных морей и океанических впадин Северного Ледовитого океана и северо-западного сектора Тихого океана выделяется ряд субаквальных артезианских бассейнов и областей и гидрогеологических субаквальных складчатых областей.

Список литературы — 4 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
И. К. Зайцев. Принципы гидрогеологического районирования и типизации гидрогеологических структур	5
М. Н. Авчинникова, С. В. Егоров, В. М. Морозов, Г. И. Пустовалова, Н. И. Сырица. Гидрогеологические структуры Европейской части СССР, Урала и Кавказа	10
В. М. Тарасов. Гидрогеологические структуры Средней Азии и Западного Казахстана	36
Е. Е. Белякова. Гидрогеологические структуры Казахстана	47
А. В. Зуев, Л. Г. Учителева. Гидрогеологические структуры Западной и Средней Сибири	60
Е. А. Басков, Г. И. Климов, В. А. Кирюхин, С. Н. Суриков, Н. А. Петрова, О. Н. Толстихин. Гидрогеологические структуры Восточной Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока СССР	70
Е. А. Басков, Я. В. Неизвестнов, Н. А. Петрова, С. Н. Суриков. Островные и субаквальные гидрогеологические структуры	83
Е. А. Басков, Я. В. Неизвестнов, С. Н. Суриков. Гидрогеологические структуры акваторий	86

Министерство геологии СССР
Всесоюзный ордена Ленина
научно-исследовательский геологический институт

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР СССР

Редактор *Н. И. Домнич*
Технический редактор *Т. В. Гвоздева*
Корректор *В. А. Митракова*

Сдано в набор 12/VIII 1974 г.	Подписано в печать
3/XII 1974 г. М-26161. Формат 70×108 ¹ / ₁₆ .	Бумага № 2.
Печ. л. 6+1 вкл.	Усл. л. 8,4.
Тираж 600 экз.	Уч.-изд. л. 9,28.
	Заказ № 674.
	Цена 93 коп.

Ленинградская картфабрика объединения «Аэрогеология»

Опечатки

Карта	Напечатано	Следует читать
Условные обозначения к карте	30—34 — номера гидрогеологических структур 35—39 — границы гидрогеологических структур	35—39 — номера гидрогеологических структур 30—34 — границы гидрогеологических структур

93 коп.

