Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIV, вып. 2, 1962 г.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В. А. Кирюхин

Артезианские бассейны занимают на территории Дальнего Востока огромные пространства. Наиболее крупными из них являются Нижне-Зейский, Буреинский, Верхне-Зейский, Средне-Амурский и Ханкайско-Уссурийский площадью от 10 000 до 100 000 $км^2$ (см. рисунок).

Изучение артезианских бассейнов Дальнего Востока фактически только начинается. Степень изученности бассейнов различна. Более детальные гидрогеологические исследования проведены в Зейско-Буреинской, Средне-Амурской и Ханкайско-Уссурийской впадинах, которые почти полностью закартированы гидрогеологической съемкой. На территории Буреинской и Верхне-Зейской впадин гидрогеологические исследования проводились на небольших по площади участках в связи с разведкой угольных и других месторождений, а также с целью поисков подземных вод для водоснабжения.

Наиболее важные исследования по гидрогеологии артезианских бассейнов Дальнего Востока обобщены в сводных работах Н. И. Толстихина и И. К. Зайцева [4, 5, 14].

Несмотря на то, что полученные данные позволяют охарактеризовать лишь верхнюю часть гидрогеологического разреза (до 200—300 *м*), они уже дают возможность выявить основные черты гидрогеологии артезианских бассейнов Дальнего Востока и наметить пути дальнейшего их изучения.

Артезианские бассейны Дальнего Востока относятся по своим структурным особенностям к межгорному типу [2, 5]. Они сложены преимущественно песчано-глинистыми, иногда сильноуплотненными отложениями юрского, мелового, третичного и четвертичного возрастов, как правило, континентального происхождения. В разрезе осадочной толщи наблюдаются также эффузивные породы, внедрение которых происходило неоднократно как в мезозое, так и кайнозое. Общая мощность эффузивно-осадочных образований колеблется от нескольких сотен до 1200—1800 *м*. Строение фундамента артезианских бассейнов очень сложное. Преимущественное развитие получили в нем интрузивные породы палеозоя (Нижне-Зейский), эффузивно-осадочные породы в основном палеозойского и мезозойского возрастов (Ханкайско-Уссурийский, Средне-Амурский и др.).

По возрасту водоносных пород, слагающих чехол, артезианские бассейны Дальнего Востока можно разделить на три группы: 1) мезозой-

ская группа — Буреинский артезианский бассейн; 2) мезокайнозойская группа — Нижне-Зейский, Верхне-Зейский и Удский артезианские бассейны; 3) кайнозойская группа — Средне-Амурский, Ханкайско-Уссу-

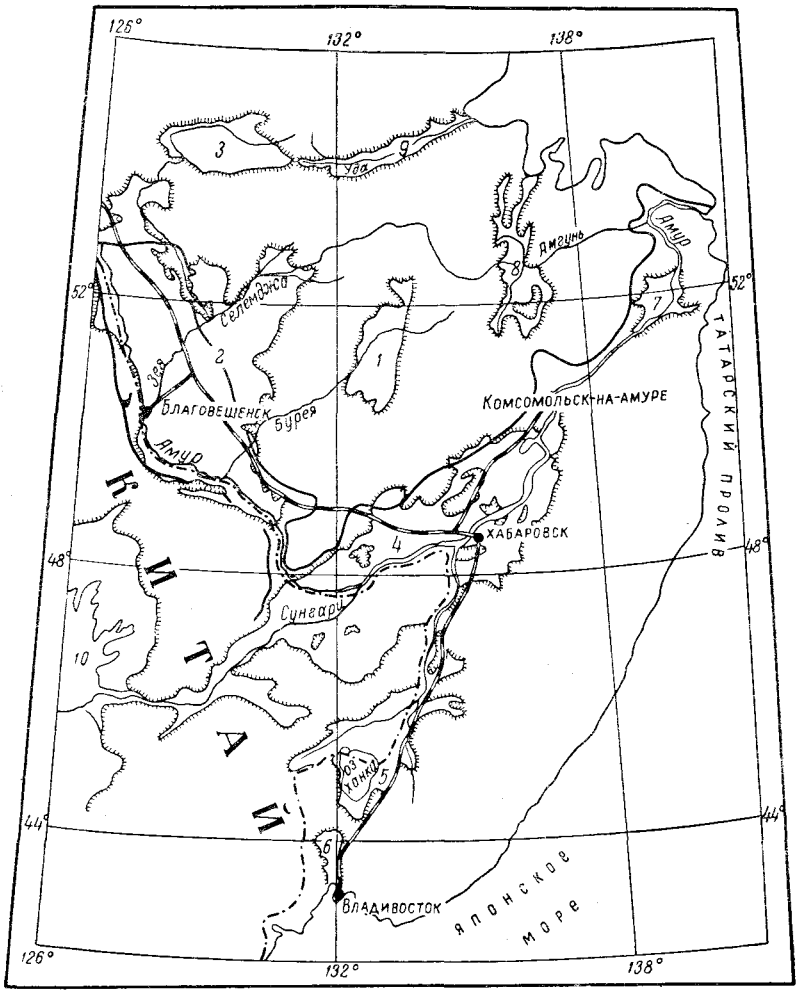


Схема артезианских бассейнов Дальнего Востока:
1 — Буреинский; *2* — Нижне-Зейский (Зейско-Буреинский); *3* — Верхне-Зейский; *4* — Средне-Амурский; *5* — Ханкайско-Уссурийский; *6* — Суйфунский; *7* — Нижне-Амурский; *8* — Верхне-Амгуньский; *9* — Удский; *10* — Нонни-Сунгарийский.

рийский, Нижне-Амурский, Верхне-Амгуньский и Суйфунский артезианские бассейны.

Каждая группа характеризуется вполне определенными гидрогеологическими особенностями, что обусловлено, в частности, неодинаковыми коллекторскими и другими свойствами осадочных толщ.

1. Описание основных артезианских бассейнов

Мезозойская группа. *Буреинский артезианский бассейн* расположен в верхнем течении р. Буреи и приурочен к впадине, обрамленной гор-

ными сооружениями хребтов Турана и Буреинского. Фундамент впадины сложен преимущественно интрузивными породами палеозойского возраста и метаморфическими образованиями протерозоя. Строение осадочного чехла впадины весьма сложно: западное крыло образовано слабодислоцированными отложениями верхней юры — нижнего мела; в центральной части наблюдается более десяти складок сундучной формы; на востоке развиты отложения юры, которые образуют удлиненные и довольно узкие складки. Общая мощность отложений, слагающих бассейн, достигает нескольких тысяч метров.

Юрские отложения представлены конгломератами, песчаниками, углями, глинистыми сланцами и аргиллитами морского и континентального происхождения. Степень уплотнения пород юры различна, но основное развитие получили разности средней степени уплотнения. Залегание юрских отложений пологое. Углы падения крыльев складок иногда достигает 10—20°, редко 35—50°. Общая мощность юрской толщи оценивается до 5000 *м*.

Континентальные по генезису отложения нижнего мела сложены слабоуплотненными песчаниками, конгломератами, углями, алевролитами, аргиллитами, а также туфогенными породами, образующими пологие складки. Их мощность достигает 1800—2000 *м*.

Четвертичные отложения представлены аллювиальными песками, суглинками и глинами мощностью 8—10 *м*, а также элювиальными и делювиальными образованиями.

Водоносность пород складчатого фундамента изучена очень слабо: главным образом по результатам наблюдений за выходами подземных вод в горноскладчатом обрамлении артезианского бассейна. Источники встречаются довольно часто, но дебиты их невелики (сотые-десятые доли литра в секунду). По данным бурения, мощность трещиноватой зоны выветривания пород фундамента 35—45 *м*.

По данным Р. М. Бадьяновой, И. Б. Райхлина, А. А. Сорокина, Г. Д. Семенова, юрские отложения, содержащие трещинные воды, обводнены слабо. Дебит скважин обычно не превышает 1 *л/сек*, причем с глубиной притоки уменьшаются. В ряде скважин получены самоизливающиеся воды. Глубина залегания подземных вод в юрских отложениях обычно более 10—20 *м*. Водоносность меловых отложений более высокая. Дебит скважин колеблется от десятых долей до 8—10 *л/сек*. Удельные дебиты скважин из песчаников и конгломератов достигают 0,05—0,25 *л/сек*, а из алевролитов и глинисто-кремнистых конгломератов — 0,0003—0,08 *л/сек*. В долинах рек удельные дебиты возрастают до 0,9—3,6 *л/сек*, в то время как на водораздельных пространствах они не превышают 0,04—0,26 *л/сек*. Притоки воды в скважины значительно увеличиваются в зонах тектонических нарушений (до 5—10 *л/сек*). Глубина залегания подземных вод 15—40 *м*. На отдельных участках получен самоизлив. Аллювиальные пески и галечники, мощность которых не превышает 2—6 *м*, наиболее водообильны. Дебит скважин обычно превышает 10 *л/сек*, а удельный дебит достигает 5—25 *л/сек*. Глубина залегания уровня аллювиальных вод 0,5—3,0 *м*.

Сложные структурные условия Буреинского артезианского бассейна, частое переслаивание водопроницаемых и водонепроницаемых пород, невыдержанность их по площади и разрезу, а также слабая изученность гидрогеологических условий затрудняют выделение водоносных горизонтов. В артезианском бассейне можно условно выделить два водоносных комплекса: 1) юрских и меловых отложений; 2) аллювиальных отложений. Оба, по-видимому, гидравлически тесно связаны. В фундаменте артезианского бассейна также можно предполагать существование

водоносного комплекса, связанного с зонами выветривания и тектонических нарушений пород. Но особенности этого комплекса остаются до настоящего времени неизученными.

Наличие большого количества водоупорных прослоев (глин, аргиллитов), а также присутствие многолетней островной мерзлоты мощностью до 20—30 *м*, встреченной во многих районах территории, обусловливают широкое развитие напорных вод. Грунтовые воды имеют подчиненное значение и распространены неповсеместно. Сток подземных вод в верхней части гидрогеологического разреза, изученной до глубины 100—150 *м*, направлен в сторону долин р. Буреи и ее притоков.

Химический состав подземных вод изучен слабо. Преобладают гидрокарбонатные кальциевые воды с минерализацией 0,1—0,3 *г/л*. В юрских породах, содержащих рассеянный марказит, наблюдаются повышенные концентрации сульфат-иона.

Мезокайнозойская группа. *Нижне-Зейский (Зейско-Буреинский) артезианский бассейн* расположен в нижнем течении рр. Зеи и Буреи. С востока и севера к нему подходят отроги горных хребтов Малого Хингана, Турана и возвышенности Зейско-Гаринского междуречья. На юге и западе он прорезается долиной р. Амур.

Нижне-Зейский бассейн представляет собой впадину, сложенную осадочными породами мела третичного и четвертичного возрастов [3, 13, 15]. В толщу осадочных пород внедрены эффузивы мелового и миоценового возрастов. Геофизическими исследованиями в рельефе складчатого фундамента впадины устанавливается ряд валов и погружений меридионального простирания. Поэтому общая мощность эффузивно-осадочного чехла испытывает колебания от нескольких сотен до 1800 *м* и более. В состав чехла входят (снизу вверх): 1) осадочно-эффузивная толща нижнего мела мощностью до 800—1000 *м;* 2) аргиллиты, песчаники, алевролиты нижнего мела мощностью до 600—800 *м*; 3) конгломераты, глины, алевролиты, песчаники, угли верхнего мела — палеоцена ($Cr_2 - Pg_1$), объединяемые в цагаянскую серию общей мощностью до 500—700 *м;* 4) пески с прослоями лигнитов, глин, галечников среднего олигоцена — нижнего антропогена ($Pg_3^2 - Q_1$) мощностью до 150—180 *м*, включаемые в состав зейской серии; 5) аллювиальные отложения современных рек, сложенные песками, галечниками, супесями, суглинками, глинами и относимые к среднему, верхнему и современному отделам четвертичной системы ($Q_2 - Q_4$) мощностью 10—25 *м*.

Изучение гидрогеологических условий Нижне-Зейской впадины приводит к выводу о наличии в ее разрезе трех основных водоносных комплексов: а) метаморфических и изверженных пород складчатого фундамента, эффузивных пород нижнего мела, в котором развиты трещинные, напорные и безнапорные воды, приуроченные преимущественно к трещиноватой зоне выветривания; б) песчано-глинистых отложений нижнего мела, верхнего мела и палеоцена с порово-пластовыми и трещинно-пластовыми, преимущественно напорными водами общей мощностью до 800—1000 *м*; в) глинисто-песчаных отложений олигоцена-антропогена, содержащих порово-пластовые, в основном безнапорные воды, общей мощностью от 5—30 *м* в долинах рек до 150—200 *м* на водоразделах.

Водоносный комплекс пород складчатого фундамента и эффузивных пород нижнего мела выходит на поверхность лишь на окраинах впадины. Выветрелая зона в метаморфических породах (кварцитах, песчаниках, сланцах) достигает 10—20 *м*, в гранитах — 40—100 *м*, в эффузивах — 45—50 *м*. Наиболее обводнены граниты, наименее — глинистые сланцы. Производительность скважин, вскрывших граниты, равна

1—2 *л/сек,* а в глинистых сланцах — десятым долям литра в секунду. По-видимому, на участках тектонических нарушений можно вскрыть сильнообводненные зоны. На территории самой впадины водоносный комплекс вскрывается редкими скважинами и фактически остается неизученным.

Водоносные комплексы песчано-глинистых отложений нижнего мела, верхнего мела и палеоцена распространены почти повсеместно, за исключением краевых частей бассейна. В их разрезе можно выделить несколько напорных водоносных горизонтов, сложенных песчаниками, алевролитами и песками мощностью от 10—15 до 100—150 *м* и более и разделенных мощными глинистыми пачками от 10—20 до 200—250 *м.* Водоносные горизонты, выходящие на поверхность, содержат безнапорные воды. Водоносность отложений, слагающих комплекс, изучена неповсеместно. Удельный дебит скважин обычно не превышает 0,1—0,5 *л/сек,* а производительность скважин редко достигает 5—12 *л/сек.* В нижнем течении рр. Буреи и Будунды, Зеи и среднем течении р. Завитой вскрываются самоизливающие воды.

Водоносный комплекс глинисто-песчаных отложений олигоцена-антропогена венчает гидрогеологический разрез артезианского бассейна. Водоупорные глинистые прослои занимают в комплексе подчиненную роль и могут способствовать созданию лишь местного напора. Поэтому в комплексе основное развитие получили ненапорные воды. Наиболее обводнены гравийно-галечные отложения четвертичного возраста в долинах рр. Амура, Зеи и др. Дебиты скважин колеблются в пределах 3—20 *л/сек.* Пески олигоцена-неогена, как правило, каолинсодержащие, глинистые, что значительно снижает их водоотдачу. Удельный дебит скважин в них равен 0,1—0,5 *л/сек,* а производительность скважин обычно не превышает 2—5 *л/сек.*

Подземные воды комплекса образуют грунтовые потоки, двигающиеся с водораздельных пространств в долины рек, где происходит частичная или полная их разгрузка. Наиболее мощный грунтовый поток наблюдается в центральной части Нижне-Зейского междуречья, где его мощность достигает 150—200 *м.* На Амуро-Зейском междуречье отмечается мощность 20—50 *м,* а на юге Зейско-Буреинского междуречья — лишь 10—25 *м.* Характерной особенностью гидрогеологических условий Нижне-Зейской впадины является широкое развитие верховодки, образование которой связано с глинистыми покровными отложениями четвертичного возраста. По данным Н. Д. Пустовойтова, верхние горизонты почв, образованных на мощной глинистой толще, обладают несколько повышенными фильтрационными свойствами (в первом метре от поверхности скорость фильтрации колеблется от 0,1 до 0,4 *м/сутки)* [10]. На глубине 3—4 *м* глинистые покровные отложения становятся практически водонепроницаемыми.

Широко развитая на территории сезонная мерзлота выполняет роль водоупорного горизонта, на котором начинается формирование верховодки в весенний период, и служит важным источником водного питания верховодки. Полное оттаивание сезоннопромерзающего слоя, происходящее в июле-августе, может приводить при благоприятных условиях к исчезновению верховодки — к ее смыканию с грунтовыми водами.

Режим верховодки в значительной мере определяется климатическими особенностями территории. Колебание уровня верховодки зависит от количества выпадающих осадков, влияния испарения, изменений температуры воздуха и некоторых других причин. Наиболее высокий ее уровень наблюдается в июле-августе после выпадения муссонных дождей, часто очень интенсивных (до 5 *мм/сутки* и выше). После прекращения

дождей уровень верховодки падает, к октябрю-ноябрю он снижается до глубины 1,5—2 *м*, а на некоторых участках верховодка исчезает полностью.

Наиболее широкое развитие верховодка получила на подпойменных террасах рр. Амура (особенно ниже р. Зеи) и Зеи (левобережье). Она приурочена обычно к падинным и западинным понижениям рельефа. Ее существование в течение почти всего теплого периода — существенный фактор, оказывающий решающее воздействие на развитие процессов заболачивания и переувлажнения, которые сильно затрудняют сельскохозяйственное использование земель.

Подземные воды в верхней части гидрогеологического разреза (до глубины 200—300 *м*) — пресные. Их минерализация 0,1—0,2 *г/л*, реже 0,3—0,5 *г/л*. Состав вод — гидрокарбонатный натриево-кальциевый (кальциево-натриевый). Иногда наблюдаются повышенные содержания хлора (до 100 *мг/л*), сульфат-иона (до 60 *мг/л*). Для вод характерно постоянное присутствие кремневой кислоты (от 20—30 до 60 *мг/л*). На глубине 800—1900 *м*, по данным опробования Белогорской скважины (центральная часть артезианского бассейна), вскрыты слабосолоноватые воды гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава с минерализацией 1,5—2,5 *г/л*.

Верхне-Зейский артезианский бассейн расположен в верхней части бассейна р. Зеи. Он приурочен к впадине, вытянутой в широтном направлении и сложенной эффузивно-осадочными образованиями юры, мела, палеогена, неогена и четвертичного возраста.

Сведения о гидрогеологии бассейна весьма ограничены и касаются в основном двух водоносных горизонтов, которые, по данным Б. Д. Русанова, связаны с песчано-галечными отложениями неогена и антропогена. Глубина залегания подземных вод изменяется от нескольких метров на поймах рек до 30—50 *м* на водоразделах. Скважинами часто вскрываются многолетнемерзлые породы, мощность которых достигает 20—30 *м* и более. Дебит колодцев и скважин 0,2—4,0 *л/сек*. Воды — пресные, преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава. Мощность чехла артезианского бассейна превышает 2—3 *км*. Он слагается пологозалегающими переслаивающимися песчаными и глинистыми отложениями как континентального (породы послеюрского возраста), так и морского (юрские отложения) происхождения. Кроме того, в его разрезе присутствуют эффузивные образования мелового и кайнозойского возрастов, что свидетельствует о наличии в бассейне нескольких артезианских водоносных горизонтов, аналогичных Нижне-Зейскому бассейну.

Удский артезианский бассейн расположен на северо-востоке рассматриваемой территории, захватывает узкую полосу долины р. Уды и ее притоков шириной около 100 *км*, вытянутую в широтном направлении. Удский прогиб имеет сложное строение. На его южном борту развиты мощные верхнеюрские толщи морского происхождения, а на северном — эффузивные покровы юрского, мелового и палеогенового возрастов. В сложении его принимают также участие континентальные песчано-глинистые отложения мела, палеогена, неогена и антропогена.

Гидрогеологически Удский бассейн остается пока почти не изученным. Можно отметить лишь основные его особенности, аналогичные Верхне-Зейскому бассейну, примыкающему к Удскому с востока: 1) более широкое развитие по сравнению с другими районами многолетнемерзлых пород; 2) более высокую метаморфизацию юрских и нижнемеловых пород; 3) значительную роль широкораспространенных эффузивных образований общей мощностью до 3500 *м* [9].

Кайнозойская группа. *Средне-Амурский артезианский бассейн* расположен в среднем течении р. Амура и окружен со всех сторон горными сооружениями: Буреинским, Баджальским и Сихотэ-Алиньским хребтами и их ответвлениями. Приблизительно половина всей площади бассейна находится за пределами территории СССР — в КНР. Бассейн сложен песчано-глинистыми и угленосными отложениями олигоцена, неогена и четвертичного возраста, а также эффузивными породами. В строении складчатого фундамента впадины принимают участие сильнометаморфизованные осадочные и изверженные породы палеозоя и мезозоя.

Средне-Амурская впадина имеет сложную структуру. В ней выделяется ряд мульд и грабенов, разделенных поднятиями складчатого фундамента, выполняющими роль своеобразных перемычек. Среди наиболее крупных прогибов следует отметить Биджанский (на западе), Амуро-Тунгусский (в центре), Болоньский (на севере), Мухенский (на востоке) и Оборо-Уссурийский (на юго-востоке). К ним приурочены артезианские бассейны второго порядка. Общая мощность эффузивно-осадочного чехла колеблется от нескольких сотен метров (Болоньский, Мухенский прогибы) до 1500—2000 *м* (по геофизическим данным, Оборо-Уссурийский прогиб и др.).

В состав чехла входят: 1) песчано-глинистая толща олигоцен-миоцена с прослоями угля в верхней части, включаемая в состав чернореченской свиты, общей мощностью до 1000 *м* и более; 2) покровные базальты верхнего миоцена мощностью до 100 *м* (переяславская свита); 3) песчано-гравийные отложения плиоценового и нижнечетвертичного возраста мощностью от нескольких десятков метров до 200 *м*, объединяемые в приамурскую свиту; 4) аллювиальные глинисто-песчаные отложения четвертичного возраста (Q_2—Q_4) общей мощностью от нескольких метров до 30—40 *м*.

По гидрогеологическим особенностям во впадине выделяются три основных водоносных комплекса: а) метаморфизованных осадочных и изверженных пород палеозоя и мезозоя, содержащих преимущественно трещинно-грунтовые и трещинно-напорные, реже трещинно-жильные и трещинно-карстовые воды (фундамент артезианского бассейна); б) песчано-глинистых отложений и базальтов олигоцен-миоцена, к которым приурочены порово-пластовые и трещинно-пластовые, преимущественно напорные воды, общей мощностью до 1000—1500 *м*; в) глинисто-песчаных отложений плиоцена-антропогена, с которыми связаны грунтовые порово-пластовые воды, общей мощностью от нескольких десятков метров до 200—250 *м*.

Водоносный комплекс фундамента — метаморфизованных осадочных и изверженных пород палеозоя и мезозоя — выходит на поверхность как по окраинам впадины, так и в других ее частях поднятия: Хехцирского, Ванданского, Малмыжского и т. д. Степень обводненности пород очень изменчива. Наиболее водообильны нижнекембрийские известняки и синийские доломиты, развитые на западной окраине впадины. Производительность некоторых скважин достигает 12—20 *л/сек*. Значительные притоки в скважины (до 8—10 *л/сек*) наблюдаются и в других породах комплекса на участках тектонических нарушений. В основном дебит скважин не превышает 1,0—1,5 *л/сек*, а удельный дебит равен десятым и сотым долям литра в секунду. Полная мощность зоны выветривания пород комплекса вскрыта лишь в отдельных скважинах и, судя по разрозненным данным, колеблется в пределах 30—50 *м*.

Водоносный комплекс песчано-глинистых отложений и базальтов олигоцен-миоцена встречен главным образом на участках погружения складчатого фундамента. Комплекс обычно перекрыт сверху плиоцено-

выми и четвертичными отложениями и изучен лишь в верхней части до глубины порядка 200 *м*. Водовмещающие породы представлены в нем песками, песчаниками, алевролитами, базальтами, реже — карбонатными породами. Мощность водоносных пластов обычно не превышает 10—30 *м*, базальтов — до 80—100 *м*, а перекрывающих водоупорных толщ, сложенных аргиллитами и глинами, достигает 60—100 *м* и более. Отмечается, что с глубиной породы уплотняются, теряют пористость, водопроницаемость. По данным В. Б. Оленина, в одной из скважин, пробуренной в центральной части Оборо-Уссурийского прогиба, в интервале 0—490 *м* пористость песчаных отложений составляла 30—50%, а в интервале 660—800 *м* она уменьшилась до 10—35%.

По данным гидрогеологического опробования верхней части комплекса, базальты характеризуются более высокой обводненностью, чем песчано-глинистые отложения. Так, дебит скважин, вскрывших базальты, часто достигает нескольких литров в секунду, в то время как в песчано-глинистых отложениях олигоцен-миоцена приток воды в скважины обычно не превышает 0,5—1,5 *л/сек*. Базальты, занимающие положительные формы рельефа (Буреинский хребет и др.), в значительной мере сдренированы. На территории впадины они залегают под четвертичными и плиоценовыми отложениями на глубинах до 100—180 *м* и более. Подземные воды, связанные как с базальтами, так и с песчано-глинистыми отложениями олигоцен-миоцена, обладают, как правило, напором, который в верхней части комплекса не превышает 5—10 *м*, а с глубиной значительно возрастает. В ряде скважин отмечается самоизлив (Ушумунское буроугольное месторождение и др.).

Водоносный комплекс глинисто-песчаных отложений плиоцена-антропогена развит почти повсеместно. Сверху он сложен глинами и суглинками мощностью от нескольких метров до 15—25 *м*. Ниже залегают пески, галечники, гравийные отложения, мощность которых возрастает от периферии мульд к центру с 5—15 до 150—190 *м*.

К песчано-гравийным отложениям приурочен грунтовый водоносный горизонт, воды которого могут обладать слабым местным напором (до нескольких метров). Движение грунтовых вод направлено к р. Амуру и его притокам, где происходит частичная или полная их разгрузка.

Песчано-гравийные отложения плиоцена-антропогена характеризуются довольно высокой водообильностью. Производительность многих скважин в современных четвертичных отложениях достигает 10—35 *л/сек*. Большое число скважин, вскрывших плиоцен-нижнечетвертичные отложения, дает приток до 2—5 *л/сек*. В среднем дебит скважин равен 1—2 *л/сек*, а удельный дебит — 0,2—0,8 *л/сек*.

К покровным суглинкам и глинам четвертичного возраста часто приурочена верховодка, существование которой носит временный характер и обусловлено влиянием влажного климата, сезонной мерзлоты и другими причинами. Верховодка принимает участие в питании болот, занимающих огромные площади между р. Амуром и железнодорожными линиями Биробиджан—Хабаровск и Хабаровск—Комсомольск-на-Амуре.

В верхней части разреза (до глубины 100—150 *м*) встречены пресные воды гидрокарбонатного кальциевого (натриевого) состава с минерализацией 0,1—0,35 *г/л*. Так как в Оборо-Уссурийской мульде среди третичных отложений, по данным В. Б. Оленина, обнаружены известняки, карбонатизированные песчаники и т. п., образование которых происходило в морских бассейнах нормальной солености, можно предполагать, что в глубоких частях некоторых мульд Средне-Амурской впадины будут

обнаружены солоноватые и соленые воды хлоридного натриевого состава.

Ханкайско-Уссурийский артезианский бассейн приурочен к весьма обширной впадине, вытянутой в почти меридиональном направлении и обрамленной с востока горными сооружениями Сихотэ-Алиня и его ответвлениями, а с запада — хребтами Наданы-Хода-Линь, Пограничный, Западный Синий и др. На территории впадины протекает р. Уссури (среднее течение) и находится крупнейшее на Дальнем Востоке озеро Ханка. Значительная часть артезианского бассейна выходит за рамки государственной границы — в КНР.

Впадина имеет сложное структурно-геологическое строение. В ее пределах выделяют ряд мульд тектонического происхождения (более десяти), разделенных выступами складчатого фундамента, сложенного изверженными и метаморфическими породами докайнозойского возраста. Мульды выполнены песчано-глинистыми и туфогенными образованиями палеогена, в основном олигоцена (надеждинская свита), и миоцена (усть-давыдовская и усть-суйфунская свиты). Четвертичные и плиоценовые отложения (пески, галечники, глины) и фациально замещающие их базальты распространены почти повсеместно на территории Ханкайско-Уссурийской впадины и перекрывают сверху как выступы фундамента, так и палеоген-миоценовые мульды.

В пределах Ханкайско-Уссурийской впадины можно выделить следующие водоносные комплексы: а) метаморфических и изверженных пород складчатого фундамента, где развиты трещинные воды, приуроченные обычно к зоне выветривания, а также воды трещинно-карстовые и трещинно-жильные; б) песчано-глинистых, туфогенных и эффузивных пород палеоген-миоцена, содержащих преимущественно напорные, трещинно-пластовые, реже порово-пластовые воды, общей мощностью до 500—600 *м*; в) глинисто-песчаных отложений и базальтов плиоцена и антропогена, с которыми связаны в основном грунтовые, порово-пластовые, редко трещинно-пластовые воды, общей мощностью до 200 *м*.

Водоносный комплекс пород складчатого фундамента выходит на поверхность лишь по окраинам впадины, а на территории впадины залегает на глубине до 400—800 *м* и более. Наиболее водообильны закарстованные известняки кембрийского возраста, получившие развитие в Ханкайском массиве (Спасский район). Дебиты большинства скважин превышают 10 *л/сек* и иногда достигают 55 *л/сек* [4]. Обводненность других разностей пород, слагающих комплекс, не столь значительна. Так, производительность скважин в гранитах колеблется от сотых долей до 3—4 *л/сек,* в метаморфических, туфогенных и эффузивных породах — от тысячных долей до 1—2 *л/сек*. Многие скважины, пробуренные в метаморфических и изверженных породах, оказались практически безводными. Мощность трещиноватой зоны выветривания в этих породах 35—80 *м*. Наибольших значений она достигает на водоразделах, а наименьших — в долинах рек. На участках тектонических нарушений трещиноватость пород заметно повышается, что сказывается на увеличении притока воды в скважины до 2—5 *л/сек*.

Водоносный комплекс песчано-глинистых, туфогенных и эффузивных пород палеоген-миоцена на поверхность, как правило, не выходит. Глубина его залегания 30—80 *м,* реже — больше. Комплекс содержит напорные воды, которые на ряде участков дают самоизлив. В разрезе комплекса обычно вскрывается несколько водоносных горизонтов в песках, песчаниках, алевролитах, эффузивах мощностью от нескольких метров до 90—100 *м,* которые разделены мощными пачками глинистых пород (аргиллитами, глинами). Обводненность пород несколько повы-

шается в краевых частях впадины, поскольку на этих участках возрастает роль грубообломочного материала.

В отложениях надеждинской свиты, наполняющих наиболее глубокие части мульд, водоносность очень слабая. Производительность большинства скважин, опробовавших комплекс, равна в среднем 0,5—1,0 *л/сек*. В отдельных случаях она повышается до 8—11 *л/сек*. Во многих скважинах приток воды не превышает десятых долей литра в секунду при значительных понижениях (10—30 *м*).

В пределах Ханкайско-Уссурийской впадины широко распространен водоносный комплекс глинисто-песчаных отложений и базальтов плиоцена-антропогена. В комплексе условно выделяется несколько водоносных горизонтов, гидравлически связанных между собой и разделенных невыдержанными водоупорными прослоями. Наиболее мощный горизонт (90—130 *м*) приурочен к песчано-галечным отложениям суйфунской свиты (плиоцен).

Верхние горизонты ненапорные, а более глубокие — могут быть напорными и иногда с пьезометрическими уровнями, которые устанавливаются выше земной поверхности. Кровля комплекса сложена обычно глинами и суглинками четвертичного возраста мощностью от нескольких метров до 30—40 *м*, что может способствовать образованию местного напора даже в верхних водоносных горизонтах. В покровных глинах и суглинках часто наблюдается верховодка. Дебит скважин в песках плиоцена и четвертичного возраста колеблется в пределах от сотых долей до 3—5 *л/сек*. Причем наиболее высокие притоки (до 10—33 *л/сек*) наблюдаются в песчано-гравийно-галечных отложениях современного аллювия и суйфунской свиты, а наиболее низкие (до 0,005—0,5 *л/сек*) — в глинистых песках нижнечетвертичного возраста.

Базальты и андезито-базальты обладают пестрой и часто слабой обводненностью, но в ряде скважин, вскрывающих пузырчатые разности эффузивов, дебит при откачке достигает 10 *л/сек* и более.

Химический состав подземных вод пород различного возраста и литологического состава почти одинаков. Среди анионов обычно преобладают гидрокарбонаты, а среди катионов — кальций и натрий. Минерализация вод равна 0,1—0,3 *г/л*. Несколько отклоняются от нормы минерализации и состава во́ды известняков, базальтов, а также озерно-аллювиальных отложений четвертичного возраста. В водах известняков, например, минерализация повышается до 0,4—0,5 *г/л* и присутствуют йод и бром (до 1—2 *мг/л*). В водах, связанных с андезито-базальтами, в ряде водопунктов отмечается повышенное содержание хлора и появление вод хлормагниевого типа (по В. А. Сулину), что, по заключению Е. А. Барс, является результатом выщелачивания хлора из лав основного состава.

В составе подземных вод озерно-аллювиальных отложений четвертичного возраста часто отмечается повышенное количество железа (до 4—5 *мг/л*, иногда 30 *мг/л*, редко 100 *мг/л*) и аммиака. На восточной окраине впадины встречены углекислые минеральные воды (источники «Ласточка», «Шмаковка» и др.), в которых содержание свободной углекислоты достигает 1—3 *г/л* [1].

Нижне-Амурский артезианский бассейн находится в нижнем течении р. Амура между озерами Большой Кизи и Удыль. Он занимает сравнительно небольшую площадь — всего около 7100 *км*^{2} и сложен озерно-аллювиальными отложениями четвертичного возраста. Общая мощность пород, слагающих чехол бассейна, не превышает 100—150 *м*.

В верхней части разреза развиты в основном глинистые отложения (глины, суглинки). Переслаивание в средней и нижней частях разреза

песчаных и глинистых отложений предполагает существование нескольких водоносных горизонтов, до настоящего времени не изученных.

Верхне-Амгуньский артезианский бассейн захватывает территорию в верхнем и среднем течении р. Амгунь. Он имеет такое же строение, как и Нижне-Амурский, и сложен озерно-аллювиальными отложениями антропогена, мощность которых полностью не вскрыта, и, по-видимому, достигает 100 *м* и более. Гидрогеологически бассейн пока не изучен.

Суйфунский артезианский бассейн расположен в южной части рассматриваемой территории, несколько южнее Ханкайской впадины. Он сложен аллювиальными отложениями р. Суйфун и ее притоков. Их мощность обычно не превышает 40—60 *м*. В разрезе бассейна выделяются два-три водоносных горизонта, нижние из них — в основном напорные. Дебит скважин и колодцев в среднем 0,5—1 *л/сек*. Воды пресные, по составу гидрокарбонатные кальциевые (натриевые).

2. Характеристика условий питания подземных вод

На условия питания подземных вод в основном оказывают влияние климат, поверхностные воды, сезонная и многолетняя мерзлота, водопроницаемость покровных отложений, рельеф.

Климат. Муссонный характер климата обусловливает неустойчивый режим выпадения осадков, что вызывает чередование засушливых и влажных, а иногда чрезвычайно влажных лет. Годовое количество осадков колеблется в общем от 350 до 700 *мм*. Наибольшее количество влаги выпадает на территории Средне-Амурской и Ханкайско-Уссурийской впадин (до 600—700 *мм* в год). Весьма важно, что повсюду основная масса осадков (до 90—95%) приурочена к теплому периоду года. Особенно длительные и продолжительные дожди отмечаются в августе-сентябре. Летне-осенние дожди обусловливают застаивание влаги в понижениях рельефа, переувлажнение почв на огромных пространствах, образование верховодки в верхних горизонтах почво-грунтов, а также являются главным источником питания и более глубоко залегающих подземных вод. На инфильтрацию тратится в среднем до 20—30% общего количества атмосферных осадков, а до 50—70% от этой суммы уходит на испарение. Режим атмосферных осадков в основном и обусловливает резкое колебание уровня грунтовых вод в течение года. Наиболее высокие уровни устанавливаются в конце лета, а наиболее низкие — в начале весны. Амплитуда их колебания достигает на ряде участков 6—8 *м*, а в среднем равна 1—2,5 *м* в год.

Поверхностные воды. Главную роль в образовании поверхностного стока на Дальнем Востоке играют атмосферные осадки. Поэтому режим поверхностных вод тесно связан с климатом. В течение года реки района испытывают несколько паводков, особенно высоких в осенне-летний период интенсивных дождей. Паводковые воды — важный источник питания болотных, грунтовых вод и верховодки на пойменных пространствах. Ими затопляются огромные территории. В некоторых районах, например на юге Амурской области, в высокие паводки затопляется до 24% всей территории.

Мерзлота. На территории Верхне-Зейской, Удской, Верхне-Амгуньской, Буреинской, а также на севере Зейско-Буреинской впадин развита островная многолетняя мерзлота [11, 12]. Наибольшая мощность зоны мерзлоты (30—40 *м*) обнаружена на северо-западе Зейско-Буреинской впадины. По-видимому, таких же максимальных значений достигает ее мощность в Верхне-Зейской и Буреинской впадинах. В среднем же она равна 5—15 *м*.

Мерзлая зона не имеет сплошного развития и приурочена преимущественно к понижениям рельефа и долинам рек. Она наблюдается обычно на заболоченных участках с мощным глинистым и торфяным покровами и на северных склонах долин рек. Под руслами рек сохраняются талики, с которыми могут быть связаны довольно мощные подрусловые потоки, с расходом в несколько десятков литров в секунду (верховья рр. Буреи, Тырмы, Зеи и др.).

На территории всех рассматриваемых бассейнов развита, кроме того, сезонная мерзлота. Глубина сезонного промерзания колеблется в различных районах от 0,15 до 6,0 *м*. Она зависит от многих факторов, среди которых наиболее важными являются климат, рельеф, экспозиция участка, литологический состав пород и их водонасыщенность, наличие растительного и торфяного покровов. Наибольшие мощности сезонномерзающего слоя (до 4—6 *м*) отмечаются на участках, сложенных крупнозернистыми песчаными отложениями, насыщенными водой, наименьшие (до 1,5 *м*) — в марях и болотах, где сезонная мерзлота сохраняется особенно долго (до августа-сентября). Многолетнемерзлые и сезонномерзающие породы в верхней части гидрогеологического разреза, выполняющие роль водоупора, затрудняют питание грунтовых вод. Они могут вызывать скопление на поверхности почвы атмосферных осадков, переувлажнение почво-грунтов, а также способствовать образованию верховодки. Неоднократное промораживание ведет к обесструктуриванию и уменьшению водопроницаемости почвы.

Водопроницаемость покровных отложений. На огромных пространствах низких равнин Приамурья эти отложения представлены тяжелыми по механическому составу и практически водонепроницаемыми глинистыми образованиями [8]. Во многих районах (Приханкайская низменность, надпойменные террасы левобережья рр. Зеи и Амура) мощность глин и суглинков, перекрывающих первый от поверхности водоносный горизонт, достигает 15—25 *м*. В среднем она равна 5—10 *м*. Относительно хорошо водопроницаемые бурые суглинистые почвы (коэффициент фильтрации около 0,1 *м/сутки*), подстилаемые гравийно-песчаными отложениями, получили развитие на положительных элементах рельефа Амуро-Зейского плато и некоторых водоразделов (Зейско-Буреинского и др.). На поймах рек мощность почвенного покрова невелика (до 0,5—1,0 *м*). Почвы обычно подстилаются хорошо водопроницаемыми песчаными отложениями (коэффициент фильтрации более 1 *м/сутки*).

Рельеф. Пологие формы рельефа на рассматриваемых территориях способствуют застаиванию на поверхности атмосферных осадков и их инфильтрации в почво-грунты. Несмотря на то, что глубина эрозионного вреза речных долин рр. Амура, Зеи, Уссури и некоторых других достигает 100—150 *м*, слабый уклон поверхности пойм рек и надпойменных террас (до 0,001—0,0001) затрудняет сток поверхностных и подземных вод.

Таким образом, условия питания подземных вод претерпевают по площади существенные изменения. Наиболее благоприятные условия питания грунтовых вод создаются на водораздельных площадях, сложенных песчано-гравийными отложениями, с небольшой мощностью почвенного покрова, а также на пойменных пространствах, где основная масса инфильтрующейся влаги идет на пополнение ресурсов грунтовых вод.

В районах с мощным глинистым покровом, с развитием многолетней мерзлоты, с длительно сохраняющейся сезонной мерзлотой питание грунтовых вод затруднено, так как значительная часть атмосферных осадков

из 20—30%, идущих на инфильтрацию, может оставаться в зоне аэрации и расходоваться преимущественно на пополнение верховодки. Это одна из основных причин глубокого залегания грунтовых вод на надпойменных террасах многих артезианских бассейнов (Зейско-Буреинского, Ханкайско-Уссурийского и др.). Так, например, средние глубины залегания грунтовых вод в указанных районах 15—30 *м*, а иногда 50—60 *м*. В таких условиях грунтовые воды слабо реагируют на изменение климатической обстановки в течение года, а их режим относительно стабилен. Амплитуда колебания уровня вод за год, например, не превышает 0,8—1,0 *м*, а их температура отклоняется лишь на несколько градусов от среднегодовой.

Динамические ресурсы грунтовых вод существенно изменяются от условий питания. Так, по ориентировочным подсчетам, в районах с благоприятными условиями питания динамические ресурсы грунтовых вод равны приблизительно 5—7 *л/сек* с 1 *км*^{2}, а с затрудненными условиями питания они не превышают 1—2 *л/сек* с 1 *км*^{2}.

3. Некоторые вопросы формирования химического состава подземных вод

Химический состав подземных вод в изученной части гидрогеологического разреза (до 200—300 *м*) всех рассмотренных артезианских бассейнов однотипен — гидрокарбонатный кальциевый (натриевый), а средняя минерализация вод 0,1—0,3 *г/л*, реже — 0,5—0,9 *г/л*. Характерно также повышенное содержание кремневой кислоты (несколько десятков миллиграммов на литр).

Несмотря на общее сходство, можно наметить общие закономерности изменения химического состава и минерализации подземных вод по площади и глубине. Частично эти закономерности уже показаны на примере Зейско-Буреинского бассейна [7]. Указывалось, например, что от водоразделов к поймам рек в грунтовых водах минерализация повышается от 0,03—0,13 до 0,1—0,44 *г/л*, изменяется состав с гидрокарбонатного натриево-кальциевого до хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого, увеличивается концентрация почти всех основных ионов (натрия, кальция, магния, гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов). Накопление солей в грунтовых водах по мере движения от области питания к области разгрузки возникает в результате разложения органических остатков и выщелачивания слаборастворимых минеральных соединений (полевых шпатов, окислов железа, аммония и др.). Поэтому общая концентрация солей в водах не превышает нескольких десятых долей грамма на литр. Причины появления хлоридов (до 100 *мг/л* и более) в грунтовых водах песков аллювиально-озерного генезиса пока остаются невыясненными. Они могут быть следующими: 1) привнос хлоридов (до 10 *мг/л* и более) с атмосферными осадками, формирующихся при испарении морской влаги и приносимыми муссонами; 2) выщелачивание хлоридов из почв и грунтов (по данным водных вытяжек, в почвах и грунтах содержатся доли миллиграмм-эквивалент на литр хлоридов); 3) поверхностное загрязнение (промышленное и бытовое); 4) подток хлоридных вод с глубины.

В Средне-Амурской, Ханкайско-Уссурийской, Буреинской впадинах формирование химического состава грунтовых вод сходно с только что описанным. Характерны лишь несколько повышенные концентрации железа (до 30—100 *мг/л*) и иногда увеличение общей минерализации до 600—900 *мг/л*, наблюдаемое на ряде участков пойм рек и низких террасах оз. Ханка.

В. А. Ковда выделяет для Дальнего Востока (советского и китайского) четыре основные почвенно-геохимические зоны [8]: 1) господства аллювиальных процессов; 2) транзита; 3) аккумуляции карбонатов щелочных земель; 4) аккумуляции легкорастворимых солей.

На территории рассмотренных нами впадин четко выделяются только первые две зоны. Зона аккумуляции карбонатов щелочных земель и тем более зона аккумуляции легкорастворимых солей для нее нехарактерны, так как при наблюдающейся в водах концентрации солей (до 0,5—0,9 *г/л*) выпадения гидрокарбонатов кальция и магния еще не происходит. Все четыре почвенно-геохимические зоны выделяются лишь в пределах КНР (Нонни-Сунгарийская впадина) в условиях континентального засушливого климата.

Значительные площади артезианских бассейнов Дальнего Востока остаются пока не изученными, но направленность геохимических процессов в верхней части рассмотренных артезианских бассейнов свидетельствует об отсутствии на их территории условий формирования грунтовых вод континентального засоления и повсеместного развития пресных грунтовых вод гидрокарбонатного кальциевого (натриевого) состава, часто со значительным содержанием кремневой кислоты и железа, иногда с некоторым количеством сульфатов и хлоридов. Другие типы вод (хлоридные, сульфатные) могут быть обнаружены лишь на локальных участках, и их появление следует связывать с такими причинами, как местное заражение (поверхностное или глубинное) и т. п.

Изучение состава подземных вод глубоких водоносных горизонтов (глубже 200—300 *м*) артезианских бассейнов начато лишь в последнее время. Гидрогеологическое опробование опорной скважины близ г. Белогорска (глубина 2300 *м*) и других скважин глубиной до 500—700 *м* показало, что с глубиной состав вод изменяется от гидрокарбонатного кальциевого до гидрокарбонатного натриевого, а в наиболее глубоких частях разреза — до гидрокарбонатно-хлоридного натриевого с повышением минерализации от 0,05 до 1,5—2,5 *г/л*. Солоноватые, а возможно, и соленые воды сульфатно-хлоридного натриевого состава, по-видимому, распространены в Оборо-Уссурийской мульде Средне-Амурской впадины, где вскрыты отложения морского генезиса.

Поскольку артезианские бассейны Дальнего Востока сложены в основном хорошо промытыми песчано-глинистыми отложениями континентального происхождения, в них наиболее широко должны быть представлены воды гидрокарбонатного кальциевого (в верхней части разреза) и гидрокарбонатного натриевого облика (в средней и нижней частях разреза).

4. Практическое значение подземных вод

Водоснабжение. Подземные воды артезианских бассейнов Дальнего Востока широко используются для водоснабжения. Почти повсюду на территории бассейнов можно вскрыть воду, пригодную по качеству для водоснабжения. Лишь в редких случаях содержание отдельных компонентов (железа, нитратов, нитритов, аммиака и др.) превышает предельные значения по ГОСТу.

Производительность водоносных горизонтов не всегда удовлетворяет практическую потребность в воде. Наиболее значительные притоки воды (до 10—50 *л/сек*) получены при откачках из аллювиальных песчано-гравийных отложений четвертичного возраста, кембрийских известняков, синийских доломитов. Средняя производительность скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты в песчано-глинистых отложениях кайно-

зоя и мела, а также зоны выветривания пород складчатого фундамента равна 1—2 *л/сек.* Вместе с тем большое количество скважин, опробовавших водоносные породы, особенно в нижней части гидрогеологического разреза, дает небольшой дебит (доли литра в секунду).

Дальнейшие гидрогеологические исследования должны быть направлены на изучение ресурсов подземных вод, выявление наиболее эффективного режима эксплуатации водоносных горизонтов и применение наиболее рационального оборудования скважин, обеспечивающего максимальное поступление воды в каптажные сооружения при минимальных экономических затратах. Разрешение этих вопросов позволит почти повсеместно решить задачу сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения за счет подземных вод.

Минеральные воды. Минеральные воды артезианских бассейнов изучены пока недостаточно. В горноскладчатом обрамлении некоторых бассейнов возможно получение углекислых и горячих кремнистых минеральных вод, а в центральных частях — также железистых и холодных кремнистых вод. Так, в частности, холодные углекислые воды типа Дарасун и Боржоми широко развиты на востоке Ханкайско-Уссурийского артезианского бассейна (источники «Ласточка», «Шмаковка» и др.), а также встречены на северо-западе Зейско-Буреинского бассейна (источники «Гонжа» и др.). Горячие кремнистые воды типа Кульдур обнаружены на северо-востоке Нижне-Зейского бассейна (источник «Бысса»). Для этих вод характерно повышенное содержание фтора (до 7—18 *мг/л*) [1, 6].

На значительных площадях Нижне- и Верхне-Зейского и других бассейнов обнаружены холодные кремнистые воды с концентрацией кремневой кислоты до 50 *мг/л* и более. Они связаны со сверхпресными водами очень низкой минерализацией (до 0,1 *г/л*), развитыми на высоких водоразделах рек в песчаных отложениях неогена, реже — олигоцена. Повышенные концентрации железа (до 5—10 *мг/л*) отмечены во многих водоносных горизонтах, но наиболее высокие (до 30—100 *мг/л*) имеют место в четвертичных аллювиальных отложениях рек бассейна Амура, Зеи, оз. Ханка и др.

Минеральные воды артезианских бассейнов и их горного обрамления практически используются еще недостаточно. На базе углекислых вод источника «Ласточка» существует завод по розливу минеральных вод, а на Шмаковских углекислых водах организован курорт. Исследования минеральных вод Дальнего Востока, которые с 1939 г. ведутся под руководством Н. М. Богаткова, позволяют рассчитывать на увеличение разведанных ресурсов минеральных вод различного состава, создание новых курортов и значительное расширение существующих.

Поисковое значение подземных вод. В настоящее время на территории Зейско-Буреинской, Средне-Амурской и других впадин проводятся нефтепоисковые работы, сопровождаемые бурением глубоких опорных скважин. Неоценимую помощь в этих поисках может оказать изучение глубинной гидрогеологии артезианских впадин. До сих пор еще не получено прямых гидрогеологических показателей нефтеносности, но отдельные данные по Зейско-Буреинской, Ханкайско-Уссурийской впадинам указывают на благоприятные гидрогеологические предпосылки. Так, в частности, в ряде скважин Зейско-Буреинской впадины отмечен метан как в свободном, так и в растворенном виде.

В водах некоторых скважин, даже на глубинах до 200—300 *м*, в малых количествах присутствует аммоний, значительные концентрации которого характерны для вод нефтяных месторождений. Благоприятна также общая гидрохимическая обстановка, которая указывает на фор-

мирование в глубоких частях разреза вод преимущественно гидрокарбонатного натриевого состава. Все это свидетельствует о необходимости постановки всесторонних гидрогеологических исследований при проведении нефтепоисковых работ. Особое внимание следует уделять изучению прямых нефтепоисковых признаков (тяжелых углеводородов, нафтеновых кислот, бактерий, разлагающих органические соединения, и др.), а также гидродинамических особенностей глубокозалегающих водоносных горизонтов.

Подземные воды как фактор заболачивания. На территории рассмотренных артезианских бассейнов чрезвычайно широко развиты болота и заболоченные массивы (более 30% площади). Они сокращают сельскохозяйственный земельный фонд. Их освоение — насущная народнохозяйственная задача.

Водный баланс заболоченных массивов определяется взаимодействием ряда факторов: атмосферных осадков, испарения, поверхностного стока, подземных вод и т. д. Воздействие этих факторов зависит от геоморфологических условий заболоченных массивов, рельефа их поверхности, характера растительного покрова, мерзлотных условий и литологического состава пород, слагающих минеральное дно болот. Подземные воды в процессах заболачивания проявляются, хотя и не повсеместно, но достаточно широко. Особенно значительна их роль на поймах рек, где подземные воды залегают на небольшой глубине (0—2 *м*) и часто выходят на поверхность. В питании низинных болот принимают участие грунтовые и во многих долинах рек (Зеи, Буреи и др.) напорные воды. На надпойменных террасах и водоразделах рек грунтовые воды залегают обычно на глубине 10—30—60 *м*, поэтому оказывают ограниченное воздействие на процессы заболачивания. В этих условиях серьезное значение приобретает верховодка, образующаяся на глубине 0—2 *м*, хотя ее участие в переувлажнении почво-грунтов ограничено во времени (летне-осенний период) и по площади.

В заключение следует еще раз обратить внимание на то, что рассмотренные артезианские бассейны содержат огромные, практически неисчерпаемые ресурсы подземных вод, пригодных для водоснабжения, и являются наиболее благоприятными в этом отношении гидрогеологическими структурами на территории Дальнего Востока. Весьма серьезны их перспективы на поиски нефтяных месторождений и минеральных вод. Все это свидетельствует о большом практическом значении подземных вод артезианских бассейнов Дальнего Востока и необходимости их дальнейшего детального изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатков Н. М. Минеральные источники Амурского бассейна. Амурский сб., 1960, вып. II.
2. Васильевский М. М. О гидрогеологическом районировании территории СССР. «Природа», 1940, № 4.
3. Вебер В. Т. О геологическом строении междуречья Амур-Зея. «Советская геология», 1960, № 11.
4. Зайцев И. К., Белякова Е. Е., Гуревич М. С. Гидрохимическая карта Сибири и Дальнего Востока. Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия, 1956, т. 3.
5. Каменский Г. Н., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР. Госгеолтехиздат, 1959.
6. Кирюхин В. А., Резников А. А. Микрокомпоненты в лечебных водах курорта «Кульдур». Информ. сб. ВСЕГЕИ, 1960, № 31.
7. Кирюхин В. А., Сырица Н. И. Гидрогеология Зейско-Буреинской впадины. Мат-лы ВСЕГЕИ по региональной и поисковой гидрогеологии. Новая серия, 1961, вып. 46.
8. Ковда В. А., Ливеровский Ю. А., Сун Да-чен. Очерк почв Приамурья. Изв. АН СССР. Серия биол., 1957, № 1

9. Красный Л. И. Основные вопросы тектоники Хабаровского края и Амурской области. Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия, 1960, вып. 37.

10. Пустовойтов Н. Д. Особенности водного режима почв Приамурья. «Почвоведение», 1959, № 8.

11. Степаненко Е. В. Записка по вопросам водоснабжения средней части Амурской железной дороги. Благовещенск, 1915.

12. Сумгин М. И. Географическое распределение вечной мерзлоты в Амурской области. Изв. Метеорол. бюро Амурского р-на. Благовещенск, 1914, вып. 2.

13. Сулимов И. Н. Перспективы нефтегазоносности Зее-Буреинской депрессии. Амурский сб., 1960, вып. II.

14. Толстихин Н. И., Тамбовцева О. С. Минеральные источники ДВК. «Разведка недр», 1938, № 8—9.

15. Чемеков Ю. Ф., Сей И. И. и др. Стратиграфия рыхлых отложений Амуро-Зейской депрессии. «Советская геология», 1960, № 2.