ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ТОМ

XXXVII

ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
А. В. СИДОРЕНКО

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Н. В. РОГОВСКАЯ, Н. И. ТОЛСТИХИН, В. М. ФОМИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1971

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ КАЗАХСКОЙ ССР

ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ТОМ
XXXVII

ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН

РЕДАКТОР
А. П. КУЗНЕЦОВ

ЗАМЕСТИТЕЛИ РЕДАКТОРА
Б. Е. АНТЫПКО, С. В. ЛЕВИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1971

УДК 551 49(574 42)

Гидрогеология СССР, т XXXVII Восточный Казахстан М изд во «Недра» 1971 стр 308

Книга представляет собой первое монографическое описание гидрогеологических условий территории Восточного Казахстана, где на основе анализа и обобщения огромного фактического материала геологических и гидрогеологических съемок, рудничной гидрогеологии и т п подведены итоги знаний о подземных водах края

Таблиц 19 иллюстраций 38 (плюс 2 карты одна цветная) библиография — 125 названий

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ МОНОГРАФИИ
«ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР»

АФАНАСЬЕВ Т П.
АХМЕДСАФИН У. М.
БАБИНЕЦ А Е
БУАЧИДЗЕ И М
ДУХАНИНА В И.
ЕФИМОВ А И
ЗАЙЦЕВ Г. Н
ЗАЙЦЕВ И К
КАЛМЫКОВ А Ф
КЕНЕСАРИН Н А
КУДЕЛИН Б И.
МАККАВЕЕВ А А.
МАНЕВСКАЯ Г. А
ОБИДИН Н И
ПЛОТНИКОВ Н И
ПОКРЫШЕВСКИЙ О И
ПОПОВ И В.
РОГОВСКАЯ Н В
СИДОРЕНКО А В
СОКОЛОВ Д С
ТОЛСТИХИН Н И.
ФОМИН В М
ЧАПОВСКИЙ Е. Г.
ЧУРИНОВ М. В
ЩЕГОЛЕВ Д И

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ XXXVII ТОМА

АНТЫПКО Б Е
ЕГОРОВА Т Г.
КУЗНЕЦОВ А П
ЛЕВИН С В

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение (*Т Г Егорова, Г Г Колесников*) . 8

Часть первая

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Глава I **Гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность** (*А П Кузнецов*) 13

Глава II **Краткий физико-географический очерк** 21
Рельеф с элементами геоморфологии (*Т Г Егорова, В С Ерофеев*) 21
Юго-Западный Алтай 21
Зайсанская впадина 28
Саур-Тарбагатай 28
Алакольская впадина 30
Центрально-Казахстанский мелкосопочник 30
Западно Сибирская низменность 31
Климат (*Т Г Егорова, И В Токарев*) 31
Реки и озера (*И В Токарев*) 38

Глава III **Геологическое строение** 43
Стратиграфия и литология дочетвертичных отложений (*Т Г Егорова, В С Ерофеев*) 43
Стратиграфия и литология четвертичных отложений (*В С Ерофеев, В М Мацуи*) 57
Магматизм (*В С Ерофеев*) 59
Тектоника (*В С Ерофеев*) 60

Часть вторая

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Глава IV **Общие гидрогеологические условия и принципы гидрогеологического районирования** (*Б Е Антыпко*) 73

Глава V **Подземные воды Саяно-Алтайского района (гидрогеологической складчатой зоны с системами бассейнов трещинных вод и межгорных артезианских бассейнов)** 81
Алтайский район (сложный бассейн трещинных вод) (*В И Белянин Т Г Егорова, Г Г Колесников, В В Плясовская*) 81
Описание водоносных горизонтов и комплексов 84
Особенности формирования подземных вод 94

Глава VI **Подземные воды Центрально-Казахстанского района (гидрогеологической складчатой зоны с системами бассейнов трещинных вод и межгорных артезианских бассейнов)** 98
1 Саур Тарбагатайский район (сложный бассейн трещинных вод) (*Т Г Егорова Ф К Кабиев, С М Мухамеджанов, Ж В Миртазин В В Плясовская*) 98

Стр

Описание водоносных горизонтов и комплексов 100
Особенности формирования подземных вод 108
2 Чингиз Жарминско-Балхашский район (сложный бассейн трещинных вод) (*Т Г Егорова, Ж В Муртазин, С М Мухамеджанов*) 110
Описание водоносных горизонтов и комплексов 112
Особенности формирования подземных вод 119
3 Зайсанский район (межгорный артезианский бассейн) (*Ю С Лукьянчиков, Г Х Казовская, Ф К Кабиев*) 122
Описание водоносных горизонтов и комплексов 123
Особенности формирования подземных вод 133
4 Алакольский район (межгорный артезианский бассейн) (*Т Т Исабаев, С М Мухамеджанов, В А Осипенко*) . 137
Описание водоносных горизонтов и комплексов 139
Особенности формирования подземных вод 146

Глава VII **Подземные воды Ишим-Иртышского района (артезианский бассейн Западно-Сибирской платформенной артезианской области)** 150
1 Иртышский район (артезианский бассейн) (*Б Е Антыпко, С М Мухамеджанов* с использованием материалов *И Р Шаймерденова*) 152
Описание водоносных горизонтов и комплексов 154
Особенности формирования подземных вод 160
2 Глуховский район (артезианский бассейн) (*С Т Тлекин* при участии *М С Джумабаева*) 162
Описание водоносных горизонтов и комплексов 163
Особенности формирования подземных вод 171

Глава VIII **Общие закономерности формирования подземных вод** (*Б Е Антыпко*) 173
Современный этап формирования подземных вод 173
Горноскладчатые сооружения 173
Артезианские бассейны 187

Часть третья

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава IX **Ресурсы подземных вод** (*С В Левин* **при участии** *В И Белянина, Н С Осьмушкиной*) 195
1 Алтайский район (сложный бассейн трещинных вод) 196
Горно Рудно Алтайский район 197
Южно Алтайский район 199
Калбинский район 200
2 Саур Тарбагатайский район (сложный бассейн трещинных вод) 201
3 Чингиз Жарминско Балхашский район (сложный бассейн трещинных вод) 202
4 Зайсанский район (межгорный артезианский бассейн) 204
5 Алакольский район (межгорный артезианский бассейн) 205
6 Ишим Иртышский район (артезианский бассейн) . 205

Глава X **Минеральные и термальные воды, лечебные грязи** (*А Б Авдеева* **при участии** *Н Т Ни*) 209
Воды без специфических компонентов 209
Слабо минерализованные щелочные термальные воды с повышенным содержанием кремнекислоты 211
Радоновые воды 213
Железистые (кислые) воды 213
Лечебные грязи . 214

Глава XI **Гидрогеологические условия месторождений полезных ископаемых** (*В И Белянин, Т Г Егорова, Н Т Ни*) 215
Месторождения Алтайского района 215
Месторождения Центрально Казахстанского района 223

Глава XII **Организация существующего водоснабжения и практическое использование подземных вод** (*А П Кузнецов* **при участии** *Н Т Ни*) 224
Водоснабжение городов и промышленных предприятий 224
Водоснабжение сельского хозяйства 226

Стр

Глава XIII **Охрана подземных вод** *(В В Плясовская, Н Я Кирпиченков, Г Х Казовская)* . . . 228

Часть четвертая

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Глава XIV **Инженерно-геологическое районирование** *(Т Г Егорова, Г Х Казовская, В В Плясовская)* 233
I Западно-Сибирская плита . 233
I А Иртышская впадина . . 233
II Саяно-Алтайская складчатая система . 234
II-Б Алтайский складчатый регион 234
III Центрально-Казахстанская складчатая система 234
III-В Чингиз Жарминско-Балхашский складчатый регион 235
III Г Зайсанская межгорная впадина 235
III Д Саур Тарбагатайский складчатый регион 236
III Е Алакольская межгорная впадина 236

Инженерно геологические области Восточного Казахстана 237

Заключение *(Б Е Антыпко, Т Г Егорова, А П Кузнецов)* . . 262
Приложения текстовые 268
1 Каталог буровых скважин 268
2 Каталог химических анализов подземных вод 292

Литература . 302

Приложения графические
1 Гидрогеологическая карта Восточного Казахстана (цветная)
2 Карта инженерно геологического районирования (черно белая)

ВВЕДЕНИЕ

В административном отношении в Восточный Казахстан входят Восточно-Казахстанская и Семипалатинская области Казахской ССР (рис. 1) общей площадью около 300 тыс. *км*^{2} с населением, превышающим 1 млн. человек.

Недра Восточного Казахстана содержат золото, медь, свинец, цинк, молибден, вольфрам, олово и другие металлы, уголь, горючие сланцы и строительные материалы. Сосредоточены они на сравнительно небольшой площади Рудного Алтая, называемого «жемчужиной Казахстана». Очень разнообразны природные условия края. Наряду с полупустынными пространствами Казахского мелкосопочника здесь имеются высокие горы со снежными вершинами, альпийскими лугами, обширными межгорными и предгорными плодородными равнинами, с многоводными реками и озерами. Сток р. Иртыша в пределах Восточного Казахстана зарегулирован двумя крупными водохранилищами. В южных районах произрастают фруктовые сады и виноградники, в Алтайских горах — таежные леса. Все это говорит о чрезвычайном богатстве и разнообразии природных ресурсов края, которые по сей день еще далеко *не полностью освоены.*

Богатства недр явились основой хозяйственного развития Восточно-Казахстанской области в годы Советской власти. Экономика ее тесно связана с горнодобывающей и металлургической промышленностью. В основном горнодобывающие предприятия располагаются на Рудном Алтае (города Зыряновск, Лениногорск и др.). Крупным центром цветной металлургии является г. Усть-Каменогорск. Интенсивно развиваются и другие отрасли промышленности — машиностроение, приборостроение, производство стройматериалов, лесная, деревообрабатывающая, легкая и пищевая промышленность. На р. Иртыше действуют две крупные гидроэлектростанции — Усть-Каменогорская и Бухтарминская. На р. Ульбе и ее притоках действует каскад Ульбинских ГЭС.

Основные отрасли промышленности Семипалатинской области — легкая, пищевая и производство стройматериалов. В степных районах Прииртышья развивается зерновое хозяйство, в горных районах — животноводство. В обширных степных и полупустынных пространствах Зайсанской и Алакольской впадин широко развито овцеводство. Реки и озера богаты рыбой. Препятствием на пути дальнейшего развития сельского хозяйства, особенно в засушливой Семипалатинской области, является отсутствие надежных источников водоснабжения.

Большой объем проведенных за последние годы геолого-гидрогеологических исследований позволил выявить общие гидрогеологические условия территории, а также изучить в ряде районов возможности ис-

пользования подземных вод для водоснабжения промышленных предприятий, населенных пунктов и объектов сельского хозяйства.

В настоящей работе обобщены материалы по гидрогеологии Восточного Казахстана, приведены общие закономерности распространения и формирования подземных вод и возможности их использования для различных нужд народного хозяйства. Составление прилагаемой

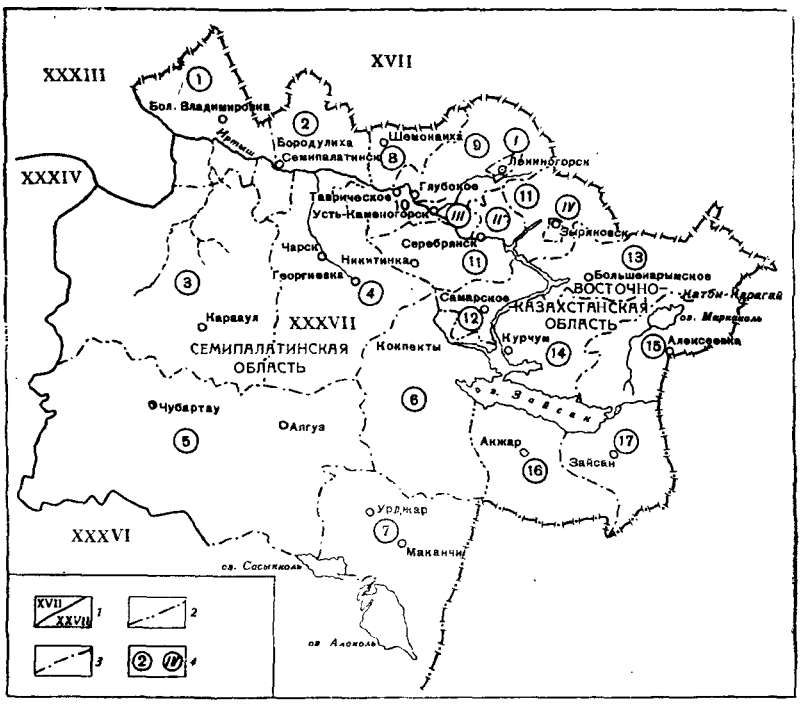


Рис. 1. Обзорная карта Восточного Казахстана (составил В. И. Белянин)

1 — границы территорий, описанных в различных томах монографии «Гидрогеология СССР», и номера томов; *2* — границы административных областей; *3* — границы административных районов; *4* — номера административных районов и горсоветов, имеющих в подчинении поселки городского типа: 1—7 — районы Семипалатинской области (1 — Бескарагайский, 2 — Бородулихинский, 3 — Абаевский, 4 — Жарминский, 5 — Аягузский, 6 — Кокпектинский, 7 — Урджарский); 8—17 — районы Восточно-Казахстанской области (8 — Шемонаихинский, 9 — Глубоковский, 10 — Таврический, 11 — Уланский, 12 — Самарский, 13 — Больше-Нарымский, 14 — Курчумский, 15 — Маркакольский, 16 — Тарбагатайский, 17 — Зайсанский); *I—IV* — горсоветы Восточно-Казахстанской области, имеющие в подчинении поселки городского типа: территория, подчиненная горсовету *I* — г. Лениногорска, *II* — г. Серебрянска, *III* — г. Усть-Каменогорска, *IV* — г. Зыряновска

гидрогеологической карты масштаба 1 : 1 500 000, районирование территории и характеристика водоносных комплексов и горизонтов произведены главным образом на основе материалов гидрогеологических съемок. Наряду с этим использованы обширные материалы по шахтной гидрогеологии, накопленные на протяжении многих лет бывшим трестом Алтайцветметразведка и Восточно-Казахстанским геологическим управлением.

Основной объем работы по составлению настоящего тома выполнил коллектив Гидрогеологической экспедиции ВКГУ (В. И. Белянин, Т. Г. Егорова, А. П. Кузнецов, Г. Г. Колесников, Г. Х. Казовская, Ю. С. Лукьянчиков, Н. Т. Ни, В. В. Плясовская), часть разделов составлена совместно с коллективом Академии наук КазССР (В. С. Ерофеев, Т. Т. Исабаев, Ф. К. Кабиев, Ж. В. Муртазин, С. М. Мухамед-

жанов, В. А. Осипенко), а также с сотрудниками Казахского головного института инженерных изысканий (КазГИИЗ, И. В. Токарев), Казахского политехнического института (С. В. Левин, М. С. Джумабаев), Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (Б. Е. Антыпко, И. М. Цыпина), Института курортологии Министерства здравоохранения (А. Б. Авдеева).

В составлении тома принимала участие оформительская группа Гидрогеологической экспедиции: В. Н. Балюра, А. М. Божко, А. А. Булатова, Г. К. Бондаренко, Е. К. Кузнецова.

Фамилии составителей отдельных глав и разделов указаны в оглавлении.

Часть первая

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Глава I

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ

Историю геологических исследований можно разделить на три основных периода: дореволюционный, послереволюционный, включая период Великой Отечественной войны (1941—1945 гг), и послевоенный.

Дореволюционный период. Начало познанию природных богатств края было положено в XVII веке Ф. А. Байковым, в первой четверти XVIII века — И. Унковским. Их путевые дневники содержали некоторые географические сведения о местности от Тобольска вверх по Иртышу через хребты Калбинский и Тарбагатайский в Джунгарию. Во второй половине XVIII века наряду с экспедицией И. Г. Гмелина и П. С. Палласа здесь работали отец и сын Лаксманы, И. М. Ренованц, Е. М. Патрэн, П. Шангин, И. Сиверс, Ф. Риддер и др. В результате были получены довольно обстоятельные сведения об орогидрографии, почвах, флоре, фауне, минералах и населении. Большая часть материалов касалась Рудного Алтая, где в XVIII веке уже начал развиваться горный промысел. Для этого периода типичны маршрутный характер исследований и общее естественно-историческое их направление.

Позже, до 1890 г., территория подвергалась геологическому изучению в связи с открытием богатых рудных месторождений. Работы проводились Академией наук, Русским географическим обществом и Кабинетным ведомством управлении Алтайского и Нерчинского горных округов. В этот период впервые в отдельных статьях С. Гуляева (1851 г.), Н. Абрамова (1861 г.), И. Завалишина (1867 г.), И. Ф. Бабкова (1869 г.), Ф. Усова (1879 г.), Б. Ф. Котта (1871 г.) и других исследователей освещались гидрогеологические условия края. В последующие годы под общим руководством Геологического комитета проводилось более систематическое изучение края. Начались изыскания под строительство железной дороги и гидрогеологические исследования отдела земельных улучшении Переселенческого управления. Хотя обследованию подвергались узкие полосы проектируемых трасс железных дорог и небольшие площади под поселки, для работ этого времени характерен комплексный подход к решению поставленных задач. Здесь проводились мелкомасштабные площадные съемки, бурились гидрогеологические скважины, определялся химический состав речных и грунтовых вод. Основное внимание при этом уделялось изучению поверхностных вод и верхних горизонтов грунтовых вод, доступных для эксплуатации с помощью колодцев и неглубоких скважин. Материалы этих исследований приводятся в работах В. Коцовского (1894 г.), И. И. Жилинского (1895—1904 гг.), Е. К. Кнорре (1907 г.), А. А. Козырева (1910—1911 гг.), В. В. Резниченко (1910—1916 гг.), В. П. Половникова (1913—1915 гг.), М. Е. Янышевского (1913—1915 гг.) и др. В этот же период был опубликован ряд статей А. И. Макушина, Э. А. Лемана, Б. Г. Герасимова, В. С. Титова, А. П. Шапошникова и др. о Рахмановских горячих ключах.

Эти работы, проводившиеся, как правило, на небольших площадях, не давали достаточно полного представления о гидрогеологических условиях района

Послереволюционный период После Великой Октябрьской социалистической революции гидрогеологические исследования осуществлялись в связи с восстановлением разрушенного хозяйства, реконструкцией старых и строительством новых промышленных предприятий Первые гидрогеологические работы этого периода были проведены вдоль строившейся Туркестано-Сибирской железной дороги от г Семипалатинска до оз Балхаш с целью поисков и оценки подземных вод для хозяйственных и питьевых нужд В результате их И К Зайцевым (1927 г), М П Распоповым (1928—1932 гг), В П Половниковым, Б К Терлецким, Н В Губкиным (1934—1936 гг), С В Окромешко (1936—1939 гг) и др был решен вопрос водоснабжения ряда железнодорожных станций за счет подземных вод

На Рудном Алтае в связи с освоением минеральных богатств широким фронтом проводились геологопоисковые, разведочные и инженерно-гидрогеологические исследования Так, на очень обводненном Риддерском руднике (Лениногорском) впервые в цветной металлургии зародилась шахтная гидрогеология Ее создателями являлись П П Буров, М С Кельманский, Е Ф Коновалов и др Обобщающей по гидрогеологическим условиям полиметаллических месторождений является работа Д И Щеголева (1940 г)

В этот же период проведены гидрогеологические исследования на оловянных, золотых и других месторождениях края, результаты которых приводятся в работах В И Бородько (1933 г), К Д Полячкова (1935 г), Б А Афанасьева (1936 г), В М Гаврилко и Г М Конышева (1938 г), Н В Лиценмайера и Д Г Белова (1941—1942 гг) В это же время В П Нехорошевым, Е И Окотокутак, Н В Бобковым обследованы большие пороги на р Убе, а также начато комплексное изучение р Иртыша от оз Зайсан до г Семипалатинска для выяснения инженерно-геологических условий строительства каскада гидроэлектростанций Материалы по проведенным работам с краткой инженерно-геологической характеристикой по выбранным створам водонапорных плотин изложены в очерке К И Лубны-Герцик и В А Бессонова Общие геологические условия проектируемого гидроэнергетического строительства на р Иртыше также изложены в статьях Е Н Щукиной и К Н Пестовского (1936 г) В дальнейшем на выбранных створах Усть-Каменогорской, Бухтарминской и других ГЭС проводились детальные инженерно-геологические изыскания как на основных сооружениях для обоснования их устойчивости, так и по водохранилищам, вспомогательным производствам и жилым поселкам (Л А Никитюк, Л Р Васильева, В С Кузнецов, Н А Штерн, Н А Ярцев, К М Машуков, К Д Полячков, М К Карпинская, П И Мишин, В И Пашковский и др)

В 1940 г И К Зайцевым и Б К Терлецким впервые проведено гидрогеологическое районирование Казахстана

До 1945 г наряду с изысканиями под гидротехническое строительство в большом объеме проводились комплексные инженерные исследования в городах, рабочих поселках и на крупных месторождениях полезных ископаемых для обоснования строительства новых и расширения старых промышленных предприятий Вместе с решением конкретных задач известные специалисты того времени — Н Г Кассин, А А Козырев, Б К Терлецкий, И К Зайцев — проводили обобщения и в региональном масштабе описывали гидрогеологические условия Казахстана

В период Великой Отечественной войны гидрогеологические и инженерно-геологические работы были значительно сокращены и продолжались в небольшом объеме лишь на предприятиях Рудного Алтая. Результаты их описаны Е. Ф. Коноваловым, С. Б. Берковичем, А. П. Кузнецовым, Е. И. Биркиным, А. Р. Парфентьевой и др.

Послевоенный период. В послевоенный период в связи с резким увеличением промышленного и гражданского строительства гидрогеологические исследования получили широкий размах. Особенно разнообразный комплекс изысканий стал проводиться с начала освоения целинных и залежных земель (1954 г.). В этот период ряд геологических организаций приступил к мелкомасштабным гидрогеологическим съемкам, поискам и разведке подземных вод для водоснабжения городов, промышленных предприятий, различных сельскохозяйственных объектов и обводнения пастбищ. Вместе с тем в большом объеме проводилось изучение инженерно-геологических условий площадок, намеченных под строительство промышленных предприятий, гидротехнических сооружений, железных и шоссейных дорог, РТС, МТС и жилищного строительства. Отмеченные изыскания в основном осуществлялись бывшим трестом Алтайцветметразведка, реорганизованном в 1958 г. в Восточно-Казахстанское геологическое управление (ВКГУ), Казахским гидрогеологическим трестом, отделом изысканий института Казгипроцветмет, реорганизованным в филиал Казахского головного института инженерных изысканий (КазГИИЗ), Геологическим институтом Академии наук КазССР, Куйбышевским филиалом института Гидропроект и др.

В настоящее время гидрогеологические и инженерно-геологические исследования проводятся в основном Восточно-Казахстанским геологическим управлением, Казахским гидрогеологическим управлением и Усть-Каменогорским филиалом КазГИИЗ.

Исторический обзор наиболее крупных гидрогеологических работ послевоенного периода излагается по основным видам исследований.

Гидрогеологическая съемка. Начиная с 1957 г. в Семипалатинской области и с 1959 г. в Восточно-Казахстанской проводилась гидрогеологическая съемка различных масштабов, которая осуществлялась по единой методике, разработанной ВСЕГИНГЕО, с большим объемом механического бурения и опытных откачек. В этих работах принимали участие: по северу и северо-западу Семипалатинской области — М. С. Джумабаев, С. В. Левин (Казахский политехнический институт), Н. А. Завгородняя, Н. И. Литавр, К. Е. Комарова, А. А. Мухоряпова, А. Н. Сиделева, М. С. Борисова, Л. А. Берсенева и В. В. Довликамова (Всесоюзный гидротрест), по остальной территории Семипалатинской области — Ю. Е. Васькин, Н. И. Литавр, А. Н. Милованов, Т. С. Попова, А. А. Толмачева, Н. А. Завгородняя, Е. Л. Джегрий, З. П. Пастрейтер, Ф. С. Подсеваткин, А. А. Сосновский, В. В. Дмитриев (Казгидротрест), С. М. Мухамеджанов, С. Б. Кунанбаев (АН КазССР), по Восточно-Казахстанской области — Г. Л. Казовский, Г. Г. Колесников, Ю. С. Лукьянчиков, В. И. Самодуров, Г. Г. Ошлаков, В. С. Осьмушкин, Н. А. Суслов, В. И. Чернова и др.

В результате гидрогеологических съемок на исследованной территории был расчленен гидрогеологический разрез в его стратиграфической последовательности, определены и уточнены площади распространения водоносных горизонтов и комплексов, изучены и намечены основные закономерности в изменениях минерализации и химического состава подземных вод, проведена оценка естественных ресурсов подземных вод, что в итоге позволило дать перспективную оценку подземных вод для использования их в народном хозяйстве.

Водоснабжение и ресурсы подземных вод Поиски и разведка подземных вод для питьевого и технического водоснабжения до 1955 г велись периодически в небольшом объеме на разрозненных участках Результаты исследований опубликованы В работах В И Сербенко, Ю И Щетникова и П М Пастухова, освещающих условия водоснабжения отдельных железнодорожных станций, рабочих поселков и хуторов, дается характеристика водоносного горизонта аллювиальных отложений р Иртыша и рекомендуется каптаж вод галерейным способом

С 1955 г объем детальных гидрогеологических исследований резко возрос Казахским гидрогеологическим трестом проводились буровые и опытные работы для обеспечения питьевой водой городов Семипалатинска, Аягуза, поселков Георгиевка, Кокпекты и др Гидрогеологической экспедицией ВКГУ и КазГИИЗом в большом объеме проводятся буровые и опытные работы в долинах рек Иртыша, Убы, Ульбы, Березовки, Бухтармы, Красноярки, Глубочанки и др для водоснабжения городов и промышленных предприятий Рудного Алтая В работах С Т Тлекина, А В Романова, А Е Бевз, К А Балатбаева, Ю И Щетникова, М Я Моисеенко, Л Б Зайпель, А И Белоколоцкого, Л Ф Шарабурова, Г Н Новикова, А П Кузнецова, В И Белянина, Т Р Рахимбаева, В П Фоминой, Г Г Колесникова, В К Сидорова и др детально характеризуются водоносные горизонты, приуроченные к аллювиальным отложениям рек, их мощность, фильтрационные свойства вмещающих пород, качественная и количественная характеристика грунтовых вод Установлено, что водоносные горизонты аллювиальных отложений, возобновляющие запасы за счет подтока трещинных вод и вод из открытых водотоков, наиболее перспективны для водоснабжения крупных промышленных предприятий

В этот же период в связи с освоением целинных и залежных земель в засушливых районах производились поисково-разведочные работы на подземные воды для обводнения пастбищ и водоснабжения различных сельскохозяйственных объектов Наряду с гидрогеологической съемкой и геофизическими методами исследований бурилось большое количество скважин, из которых ежегодно до 35—40 передавались в эксплуатацию совхозам и колхозам Заслуживают внимания работы ВКГУ (В А Вострикова, И П Огаркова, Т Р Рахимбаева, В П Фоминой, А П Щелко), Казгидротреста (Л И Ворониной, В Ф Шеменной, М М Сорокина, С В Шориной, М С Кузнецова), КазГИИЗа (Л Б Зайпель, Ю И Щетникова, Е Г. Ковалева, В П Кравцова и др) Проведенные исследования позволили детально осветить водоносные горизонты, перспективные для водоснабжения, среди которых наибольшее значение имеют грунтовые воды аллювиальных отложений речных долин, трещинные воды, приуроченные к зоне выветривания интрузивных массивов и осадочных толщ, и трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений Также перспективны напорные горизонты палеоген-неогеновых и нижнечетвертичных отложений, вскрытые одиночными скважинами в Зайсанской и Алакольской впадинах

Куйбышевским филиалом института Гидропроект разработана генеральная схема водообеспечения описываемой территории В 1963 г к этой схеме коллективом гидрогеологов под руководством В В Бейлина составлен гидрогеологический очерк по Семипалатинской, а С Копыловым и О Д Ярмизиным по Восточно-Казахстанской областям

В 1964 г в ВКГУ В И Беляниным проведена оценка эксплуатационных запасов подземных вод по промышленным районам Восточного Казахстана Казгидротрестом дана оценка ресурсов пресных подземных вод в долинах рек Аягуз, Баканас и Каракол, а также прогно-

зируемых запасов солоноватых вод на правобережном участке р. Иртыша. Проводились систематизация и обработка различных сведений и материалов буровых на воду скважин.

Одновременно с поисками и разведкой пресных подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения, проведены гидрогеологические работы на термальных Рахмановских и Барлыкских источниках. В. И. Белянин и М. Рахимбеков приводят сведения о качестве, режиме и запасах термальных лечебных вод, на базе которых уже построены и функционируют санатории.

В значительной степени расширились познания об условиях формирования подземных вод, их распространении на обширной территории Восточного Казахстана, впервые дана количественная и качественная оценка наиболее перспективных для водоснабжения водоносных горизонтов.

Шахтная гидрогеология. В послевоенный период, особенно начиная с 1947 г., с целью резкого увеличения добычи и переработки полиметаллических руд проводилось расширение существующих, а также проектирование и строительство новых горнорудных и металлургических предприятий. В сферу эксплуатации включались рудные залежи, расположенные в сложных природных условиях, и внедрялись новые более производительные системы их отработки (блоковое обрушение, карьерная отработка), при которых вскрывались мощные горизонты грунтовых вод, гидравлически связанных с реками. В связи с этим трестом Алтайцветметразведка проводились инженерно-гидрогеологические изыскания, сопровождавшиеся большим объемом буровых и опытных работ на основных полиметаллических месторождениях Рудного Алтая. На основе тщательного анализа полученных материалов А. П. Кузнецов дал рекомендации о необходимости отвода рек за пределы месторождений, а также о предварительном и эксплуатационном осушении песчано-галечных пород, расположенных над рудными залежами. Позднее, с 1956 г., здесь же продолжались детальные изыскания для обоснования осушительных мероприятий, проект которых осуществлялся Куйбышевским филиалом института Гидропроект. Были оконтурены все водоносные горизонты, приуроченные к аллювиальным отложениям рек, определены их мощности, фильтрационные свойства, притоки воды в рудники при отработке отдельных залежей и дана принципиальная схема осушения водоносных горизонтов как на локальных участках в районе отдельных рудных линз, так и в целом по месторождениям. В разведочных работах принимала участие большая группа геологов и гидрогеологов: А. П. Кузнецов, И. М. Зубковская, Л. Ф. Шарабуров, В. П. Фомина, Т. Р. Рахимбаев, Н. И. Плотников, А. С. Смирнов, А. Ф. Варпахович, П. А. Волков, И. С. Чумаков, А. М. Рыбаков, А. Т. Ларченко, И. П. Огарков, В. Караваев, В. С. Трегубов и др.

Результаты исследований по полиметаллическим месторождениям, приуроченным к Иртышской зоне смятия, приводятся в работах Т. Г. Егоровой, Д. М. Попова, А. П. Кузнецова, В. И. Белянина, Н. А. Суслова и др. Месторождения этой зоны находятся в сравнительно благоприятных гидрогеологических условиях, за исключением Глубочанских рудных залежей.

В пределах Южного Алтая по Чердоякскому оловянному месторождению гидрогеологическая характеристика приводится в работе В. С. Маклецова, а по Карчигинскому — А. Н. Дербас.

Инженерная геология. Систематизация обширных материалов по инженерной геологии послевоенного периода позволяет выделить среди них работы, отличающиеся по задачам исследований: под шахтное и

промышленное строительство, под гидротехнические сооружения, трассы железных, шоссейных дорог и линий электропередач, под жилищное и коммунальное строительство.

К *первой группе* относится наибольшее количество работ. В этот период инженерно-геологические исследования велись как для реконструкции горнорудных и металлургических предприятий, так и на новых рудных месторождениях. Наиболее крупные изыскания проведены ВКГУ и Куйбышевским филиалом института Гидропроект в г. Зыряновске в 1957—1960 гг. В работах А. П. Кузнецова, И. М. Зубковской, А. Ф. Шарабурова, А. Т. Ларченко, И. П. Огаркова, А. Ф. Варпаховича, А. С. Смирнова, И. С. Чумакова, А. М. Рыбакова и др освещаются инженерно-геологические условия отвода рек за пределы шахтных полей, устойчивость бортов карьеров в рыхлообломочной толще, осушение обводненных пород над рудными залежами и ряд других вопросов. Аналогичные изыскания проведены на рудном поле Лениногорска. Инженерно-геологические условия отработки карьерным способом и системой блокового принудительного обрушения юго-западных линз освещаются в работах Л. Ф. Шарабурова, Т. Р. Рахимбаева, В. П Фоминой, А. П. Кузнецова, Г. Н. Новикова и др.

В этот же период в пределах Рудного Алтая институтом Казгипроцветмет в большом объеме проводились инженерные изыскания на площадках, намеченных для строительства отдельных предприятий, цехов и различных мелких объектов.

В работах Т. Г. Егоровой, А. П. Кузнецова, П. Д. Калиничева, В. И. Белянина, Г. Г. Колесникова, В. П. Фоминой начиная с 1955 г. освещаются инженерно-геологические условия шахтного строительства на полиметаллических месторождениях, приуроченных к Иртышской зоне смятия.

Из работ *второй группы* следует отметить детальные изыскания на р Иртыше, в районе пос. Новая Шульба, для обоснования проектного задания строительства гидроэлектростанции (М. С. Бузкова, К. М. Машуков и Н. А. Ярцев). В меньшем объеме проведены изыскания в долине р. Таинты для обоснования строительства плотины, регулирующей поверхностный сток, необходимый для водоснабжения промышленных предприятий Белогорского комбината (М. М. Крицевский). В работе О. И. Переслегина на основании проведенных исследований освещаются инженерно-геологические условия водозабора и берегоукрепительных сооружений на площадке Семипалатинской ТЭЦ № 1.

Третья группа работ, выполненная в основном КазГИИЗом, освещает инженерно-геологические условия строительства грунтовых дорог, мостовых переходов и других объектов в горно-таежных районах (И А. Случанко, А. С Казакова, П Я. Паршуткина, А. С. Трубицина и др.). В ряде работ приводятся инженерно-геологические условия строительства линий электропередач от подстанций к горнорудным предприятиям.

К *четвертой группе* относятся изыскания под жилищное и коммунальное строительство в городах Усть-Каменогорске, Лениногорске и Зыряновске, а также в рабочих поселках Белоусовка, Глубокое, Березовка, Таинты, Огневка, Греховка и др. Работы в основном выполнялись отделом изысканий КазГИИЗа (А А. Амосова, В. Я. Арефьева, Д. Б. Бахтиярова, А. П. Кулакова, М. М. Крашина, Т. К. Кусаинова, М Я. Моисеенко, Г. Е. Семенкова, Е И. Сингур и др.).

Среди работ четвертой группы следует особо выделить изыскания для обоснования проектов генпланов городов и детальных планировок райцентров и рабочих поселков. К ним следует отнести работы, выполненные в 1962 г. Казгипроцветметом (КазГИИЗ) в городах Усть-Ка-

меногорске, Шемонаихе, Глубоком, а также в райцентрах и рабочих поселках Таврическое, Урджар и др. (Т. К. Кусаинов, В. М. Смирнов, Г. Е. Семенкова).

В этих работах даются характеристика инженерно-геологических формаций и инженерно-геологическое районирование территории с учетом всего комплекса природных условий: общего геологического строения, геоморфологических, гидрогеологических и климатических условий и степени проявления современных физико-геологических процессов.

Тематические и обобщающие работы. Тематические работы в основном посвящены формированию химического состава подземных вод. Изучение микрокомпонентного состава подземных вод на Рудном Алтае началось в 1941 г. Е. А. Сергеевым. В 1952 г. эти работы были продолжены Г. Б. Свешниковым. В период с 1954 по 1964 г. заслуживающей внимания является работа Г. А. Голевой (ВСЕГИНГЕО), посвященная методике гидрохимических поисков скрытых полиметаллических месторождений. В этот же период Институтом геологии Академии наук Казахской ССР изучены условия формирования химического состава подземных вод в междуречье Ульбы и Бухтармы. А. В. Солнцев наряду с решением основной задачи уделил достаточно внимания гидрохимическим поискам рудных месторождений и описал несколько точек с аномальным содержанием в подземных водах меди, свинца и других элементов.

Из обобщающих гидрогеологических работ в первую очередь следует отметить работы У. М. Ахмедсафина (1961—1963 гг.), посвященные методике составления прогнозных карт и обзору артезианских бассейнов Казахстана. У. М. Ахмедсафиным выделен ряд артезианских бассейнов, приуроченных к отложениям различного возраста, и по ним подсчитаны запасы подземных вод.

Территория Восточного Казахстана до 1955 г. в гидрогеологическом отношении была изучена крайне слабо и неравномерно. Даже в Рудном Алтае, наиболее освоенном промышленностью, исследования проводились только на локальных участках, намеченных для строительства промышленных предприятий и смежных с ними объектов, и предназначались для решения узкопрактических вопросов. Только с 1955 г. в связи с подъемом народного хозяйства гидрогеологические работы ведутся широким фронтом по всей территории Восточного Казахстана. За это время ВКГУ проведены разведочные работы по изучению обводненности всех месторождений Рудного Алтая.

В этот же период отделом изысканий Казгипроцветмета (КазГИИЗ) закончены разведочные работы и утверждены запасы подземных вод в ГКЗ в долине р. Ульбы, на левом берегу р. Иртыша, для Усть-Каменогорского промышленного района и в долине р. Бухтармы, в районе пос. Осочиха, для г. Зыряновска. Одновременно КазГИИЗом проводятся в большом объеме инженерные изыскания для промышленного, культурно-бытового и жилищного строительства.

Таким образом, исследования, проведенные за последние 10 лет, позволили: положительно решить и технически обосновать инженерно-геологические условия строительства уникальных гидротехнических сооружений на р. Иртыше и его притоках; принципиально оценить инженерно-гидрогеологические условия отработки ряда полиметаллических месторождений, находящихся в сложных природных условиях; открыть и разведать месторождения подземных вод для водоснабжения городов Усть-Каменогорска, Зыряновска, Семипалатинска, Лениногорска и др.; выявить и предварительно оценить горизонты грунтовых и напорных вод в засушливых районах края, широко использующихся

в настоящее время для водоснабжения объектов сельского хозяйства. Эти работы были положены в основу данного тома.

В настоящее время недостаточно изучены подземные воды глубоких частей артезианских бассейнов (Иртышского, Зайсанского, Алакольского) в меловых, палеогеновых и неогеновых отложениях; одиночные глубокие скважины не позволяют проследить площади распространения этих горизонтов, выявить закономерности изменения в вертикальном разрезе и по площади химического состава и минерализации подземных вод, их зональность, водообильность водоносных горизонтов и другие свойства; в пределах горноскладчатых областей еще недостаточно изучены трещинно-жильные воды тектонических разломов, требуют изучения трещинно-карстовые воды, о распространении и свойствах которых имеются противоречивые сведения

Глава II

КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

РЕЛЬЕФ С ЭЛЕМЕНТАМИ ГЕОМОРФОЛОГИИ

По устройству поверхности Восточный Казахстан делится на шесть регионов. Северо-восточная часть рассматриваемой территории охватывает юго-западную периферию Саяно-Алтайской горной системы и известна в геологической литературе под наименованием Юго-Западного Алтая. На юго-востоке простирается равнина Зайсанской межгорной впадины, обрамленной с юга и юго-запада хребтами Саур-Тарбагатая. На крайнем юге Восточного Казахстана расположена пустынно-степная равнина Алакольской межгорной впадины. Западную и юго-западную части описываемой территории занимают обширные приподнятые мелкосопочные равнины Центрального Казахстана. Постепенно снижаясь в северном и северо-западном направлениях, Центрально-Казахстанский мелкосопочник в районе Семипалатинского Прииртышья сливается с обширной равниной Западно-Сибирской низменности.

Альпийскими тектоническими движениями и связанными с ними эрозионно-денудационными и аккумулятивными процессами созданы основные черты рельефа Восточного Казахстана, которые отражены на рис. 2.

ЮГО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ

Юго-Западный Алтай представляет собой горную страну. По северной ее границе располагаются хребты так называемого Горного Алтая, которые служат водоразделом рек Оби и Иртыша. Наиболее высоким из них является хребет Катунские белки с главной вершиной горой Белухой (4620 *м*), расположенной уже в пределах Алтайского края. От этого орографического центра в северо-западном направлении протягивается непрерывная цепь хребтов: Листвяга, Холзун, Коксуйские горы и хребет Тигирецкий (рис. 3). Высоты их составляют 2200—2800 *м* и уменьшаются к юго-западу. К этому главному водоразделу с юго-запада примыкает сложная система горных массивов и гряд, среди которых наиболее значительны хребты Ульбинский (1800—2200 *м*), Ивановский (до 2800 *м*) и Убинский (1100—2000 *м*), имеющие юго-западное простирание и образующие водоразделы правобережных притоков Иртыша — Убы, Ульбы и Бухтармы Эти хребты за богатства своих недр получили название Рудного Алтая.

К югу от Горного Алтая расположена система хребтов Южного Алтая; здесь в направлении с севера на юг выделяются хребты Тарбагатай (2200—3000 *м*), Сарым-Сакты (3000—3400 *м*), Нарымский (1500—2500 *м*), Южный Алтай (2800—3400 *м*), Курчумский (до 2000 *м*) и Азутау (2000—2300 *м*) (рис. 4, 5). Оси хребтов сближены на крайнем северо-востоке Южного Алтая и веерообразно расходятся в широтном и юго-западном направлениях. В этих же направлениях наблюдается и общее понижение отметок поверхности до 1000—1300 *м*.

На юго западе региона располагается Калбинский хребет (800—1600 *м*), вытянутый в широтном направлении с разворотом на северо-запад

В пределах Юго-Западного Алтая встречаются высокогорные, среднегорные и низкогорные типы горного рельефа Характерной осо-

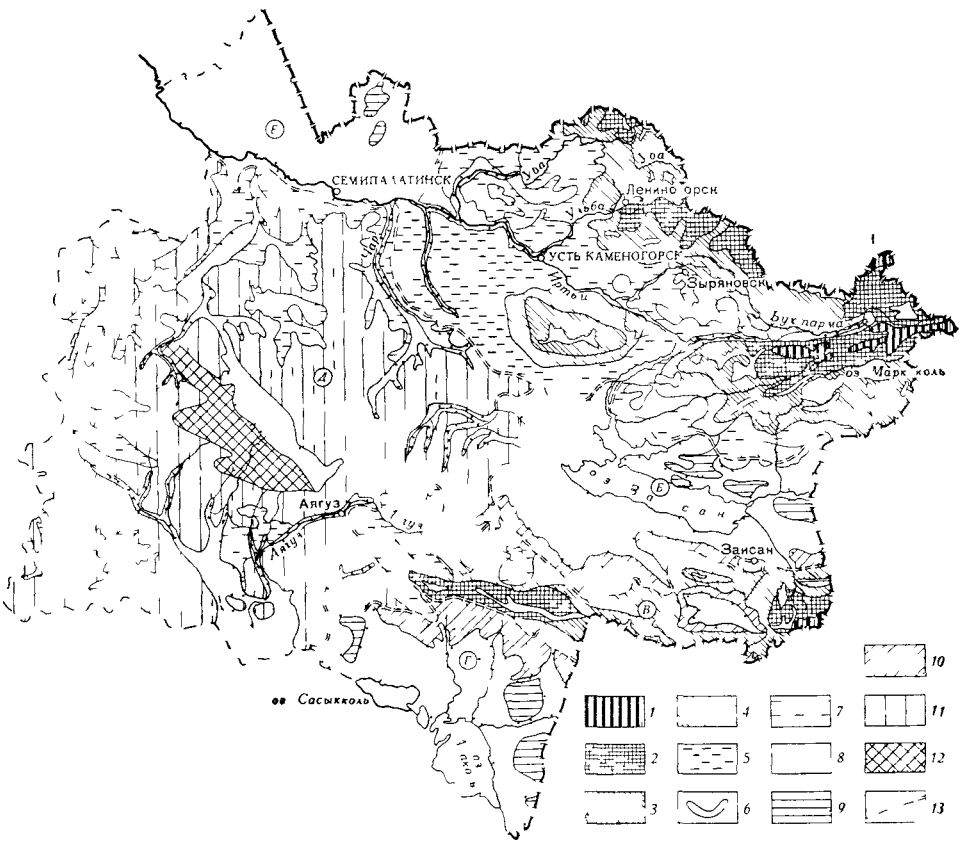


Рис 2 Схема геоморфологического районирования Восточного Казахстана (составил В С Ерофеев)

Регионы А Юго Западный Алтай *Б* — Зайсанская впадина, *В* — Саур Тарбагатай *Г* — Алакольская впадина, *Д* — Центрально Казахстанский мелкосопочник *Е* — Западно Сибирская низменность (Семипалатинское Прииртышье)

Типы рельефа 1 — расчлененный гляциально высокогорный рельеф *2* — расчлененный высокогорный рельеф без форм современной ледниковой скульптуры *3* — расчлененный рельеф среднегорного облика *4* — низкогорный рельеф с дробным расчленением *5* — пологоволнистый низкогорный рельеф *6* — реликты верхнемеловой поверхности выравнивания в горных областях, *7* — аккумулятивно денудационные равнины с маломощным и прерывистым покровом рыхлых отложений *8* — аккумулятивные аллювиально пролювиальные аллювиально озерные и аллювиальные равнины *9* — эрозионно денудационные грядово холмистые равнины на палеоген неогеновом и более древнем основании в областях молодых (альпийских) опусканий *10* — наклонные куэстовые равнины приморских частей межгорных впадин (адырные зоны) *11* — мелкосопочные приподнятые денудационные равнины Казахской складчатой страны (Центрально Казахстанский мелкосопочник) *12* — низкие горы и возвышенные холмогорья в пределах Центрально Казахстанского мелкосопочника *13* — границы структурно геоморфологических регионов

бенностью рельефа региона является наличие пологоволнистых плато-образных поверхностей, расположенных на различных гипсометрических отметках (от 1100 до 2000 *м*) и являющихся останцами верхнемелового пенеплена Высокогорный рельеф, развитый в пределах Горного и Южного Алтая на абсолютных отметках свыше 2000 *м*, отличается чрезвычайно густой расчлененностью и большой глубиной эрозионного вреза (до 1700—1800 *м*), в основном гребневидными, реже уположен

ными вершинами, крутыми обнаженными склонами. В пределах хребта Южный Алтай сохранилось современное оледенение. Здесь по, М. В. Тронову (1949), насчитывается 122 ледника общей площадью до 80 км². Реликты оледенения в виде типичных гляциальных форм рельефа встречаются в пределах Горного и Южного Алтая.

Хребет Южный Алтай характеризуется чрезвычайной крутизной склонов, некоторой выровненностью водоразделов на крайнем западе

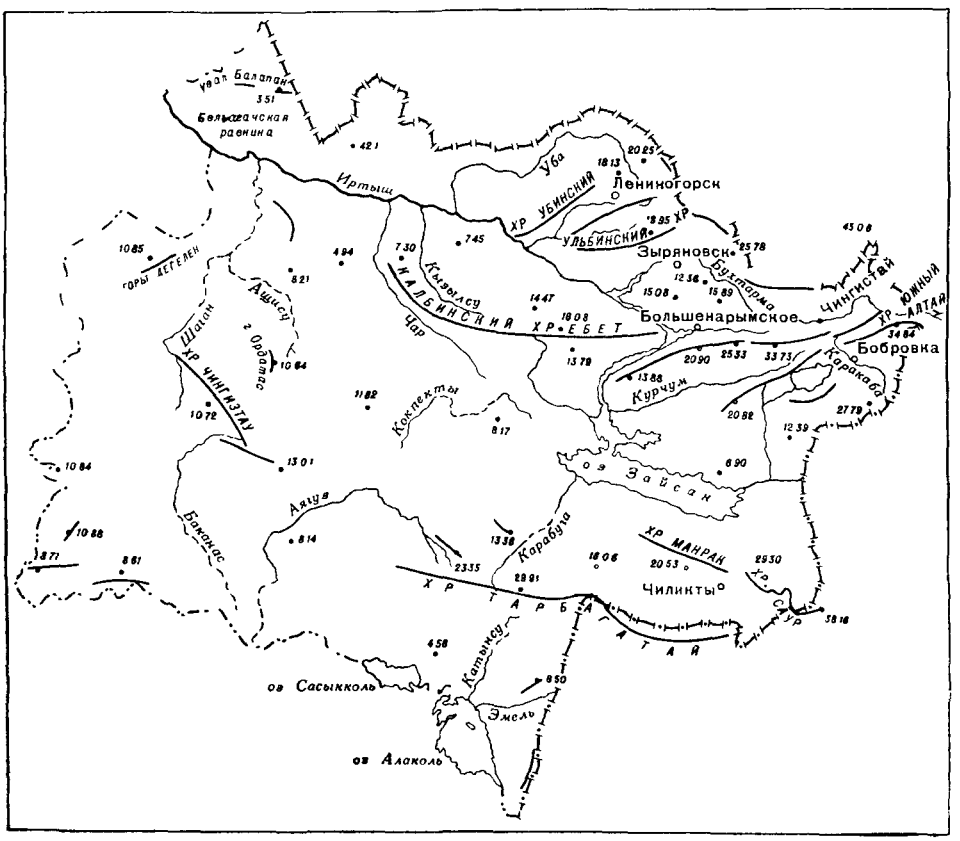


Рис 3 Орографическая схема Восточного Казахстана (составила Т Г Егорова)

и сильным расчленением их с обилием ледниковых форм в центральной и восточной частях. Относительные превышения варьируют в пределах 600—1000 м, достигая в отдельных случаях 1500—1700 м (рис. 6).

Для хребтов Южного Алтая характерно асимметричное строение: их северные и северо-восточные склоны короткие и крутые, южные и юго-западные более пологие, исключением является хребет Курчумский, который в юго-западной части имеет более крутые и короткие юго-восточные склоны Склоны хребтов расчленены глубокими, V-образными речными долинами. Густота и глубина вертикального расчленения склонов возрастают в направлении с юго-запада на северо-восток, т е. с увеличением абсолютных отметок. Наиболее высоко поднятые участки хребтов Нарымского, Сарым-Сакты и Южный Алтай осложнены альпийскими формами рельефа. Хребет Тарбагатай отлича-

ется, асимметричностью, выраженной в сравнительно пологих и длинных южных склонах и коротких, крутых, имеющих превышения до 500—800 *м* северных склонах. Большая часть водораздела хребта выровнена и лишь на востоке в рельефе начинают преобладать альпийские формы.

Рис. 4. Курчумский хребет. Тектоническая ступень и долина р. Курчум

Рис. 5. Нарымский хребет

Среднегорный рельеф, широко развитый в Горном, Рудном и Южном Алтае и на возвышенной части Калбинского хребта, в целом характеризуется абсолютными отметками 1000—2000 *м* и отличается от высокогорного рельефа меньшей глубиной эрозионного вреза (максимальные значения которого здесь не превышают 500—600 *м*), несколько меньшей степенью расчлененности и большим распространением реликтовых поверхностей выравнивания. Отличительной чертой

среднегорного рельефа является появление в нижних частях горных склонов, в логах и долинах рек скоплений рыхлого обломочного плохо отсортированного делювиально-пролювиального и аллювиально-пролювиального материала мощностью до нескольких метров. В то же время на поверхностях выравнивания, сложенных осадочными, метаморфическими и осадочно-эффузивными породами, очень часто формируется маломощный (несколько метров) суглинисто-дресвянистый элювиальный покров.

Формы среднегорного рельефа находятся в зависимости от состава горных пород, слагающих хребты. В Рудном Алтае участки распро-

Рис 6 Южный Алтай Видны три тектонические ступени на переднем плане нижняя за средней — вторая (прорезана глубокими долинами), на дальнем верхняя (наиболее высокая)

странения гранитоидов калбинского типа имеют наиболее густую гидросеть, глубокие V-образные и корытообразные долины, дробно расчленяющие крутосклонные с острыми вершинами хребты. На участках развития осадочных и эффузивно-осадочных пород рельеф более сглаженный Отдельные вершины выше отметок 1500—1600 *м* представляют собой типичные алтайские белки. Оголенные и значительную часть года покрытые снегом, они имеют плоские вершины, осложненные гольцовыми террасами и россыпями крупнообломочного материала, образующего «каменные моря» и «каменные реки». Водораздельные участки отдельных белков имеют холмистые и в целом сильно сглаженные поверхности и представляют собой реликты древнего пенеплена. В приводораздельных частях наиболее высоких белков развит рельеф альпийского типа В карах Ивановского белка (рис 7) отмечено несколько реликтовых ледников. Для него характерно самое низкое для всего Алтая положение снеговой линии — всего 2300 *м*. Последнее обстоятельство объясняется орографическим положением этого самого высокого в Рудном Алтае хребта, который, находясь на значительном расстоянии от сходных по высоте хребтов Горного Алтая, образует первую преграду влажным ветрам северо-западных румбов.

Характерными чертами среднегорного рельефа обладает массивное глыбовое поднятие в пределах Южного Алтая, носящее название хребта Уш-Кур-Мын-Кер с абсолютными высотами 2500—2776 *м* и относительными превышениями над окружающим рельефом 650—700 *м*. Водораздельная часть данного хребта представляет собой поверхность

выравнивания, слабо измененную современными эрозионными процессами, с массами гольцовых форм и редкими карами. Эта поверхность постепенно понижается к югу и сменяется резко и глубоко расчленен-

Рис 7 Карр Ивановского белка

ным рельефом склонов долины р. Белезека. С севера массив оборван резким уступом тектонического происхождения. Далее к востоку от схождения осей Нарымского и Курчумского хребтов простираются в широтном направлении хребты Тарбагатай и Южный Алтай.

Рис 8 Южный Алтай На дальнем плане приподнятый древний пенеплен

Поверхности выравнивания являются характерной чертой рельефа всего Алтая; наиболее широко распространены они в южной и юго-западной частях Южного Алтая (рис. 8). Здесь на древних выровненных

поверхностях во многих пунктах сохранились реликтовые участки верхнемеловой пестроцветной коры выветривания и перекрывающие их палеоген-неогеновые отложения. Расколотый молодыми тектоническими движениями и поднятый на различные абсолютные отметки древний пенеплен придает рельефу Южного Алтая террасовидный облик. Такое, очень ярко выраженное сочетание молодых и древних форм рельефа составляет характерную черту южноалтайских ландшафтов.

Низкогорный рельеф наиболее широко развит в пределах описываемого региона и представляет собой переходную ступень от описанных высокогорных и среднегорных типов рельефа к мелкосопочнику предгорий. Абсолютные отметки водоразделов и отдельных вершин колеблются в пределах 600—1000 *м*. Рельеф большей части низкогорья слабо расчлененный, пологосклонный, с уплощенными водоразделами и вершинами отдельных возвышенностей. Максимальные глубины вреза достигают 100—200 *м*. Широко развитые щебенисто-суглинистые шлейфы достигают мощности десятков метров.

Степень расчлененности рельефа находится в зависимости от гипсометрического положения, состава пород, тектонической нарушенности, густоты речной сети. Так, как правило, в наиболее повышенных частях низкогорья с разветвленной речной сетью наблюдается дробнорасчлененный рельеф. На остальной территории широко развиты пологоволнистые формы рельефа. В ряде случаев для хребтов, сложенных интрузивными породами, характерны гребневидные водоразделы и заостренные вершины с причудливыми формами выветривания.

В пределах низкогорья наблюдаются зрелые формы речных долин с хорошо разработанными руслами и комплексом аккумулятивных террас, мощность отложений которых достигает десятков и сотен метров.

Крупные реки (Иртыш и Бухтарма) имеют до шести надпойменных террас от нижнечетвертичного до современного возраста и два уровня поименных террас, причем высокие уровни террас сохранились лишь фрагментарно на участках протяженностью в несколько сотен метров Высота террас возрастает от 2—5 *м* у низких надпойменных террас до 60—80 *м* у высоких Ширина террас колеблется от сотен метров (высокие террасы) до нескольких километров (низкие террасы). Мелкие реки региона имеют узкие (сотни метров) хорошо выдержанные по течению долины, одну-две надпойменные террасы и два уровня поймы Высота этих террас варьирует от 1—2 до 6—8 *м*

Одной из характерных особенностей рельефа Алтая является наличие в нем ряда межгорных впадин (Лениногорской, Нарымо-Бухтарминской, Верхне-Каракабинской, Бобровской, Успенской и др.), обязанных своим происхождением тектонике и заполненных рыхлыми кайнозойскими отложениями Большинство впадин имеет широтное и северо-западное направление, преимущественно совпадающее с простиранием основных горных хребтов Рельеф впадин в общем равнинный; местные особенности его создаются спецификой рельефообразующих процессов (речных, ледниковых и т п.). Большая часть впадин обычно имеет асимметричную форму склоны южной экспозиции пологие, северной — более крутые. В Лениногорской, Нарымо-Бухтарминской и Бобровской впадинах наблюдается обратная закономерность. Поверхности впадин постепенно погружаются с востока на запад: Лениногорской с 1000 до 600 *м*, Нарымо-Бухтарминской с 1000—1300 до 800 *м*, Верхне-Каракабинской с 2300—2600 до 1600 *м*, поверхность Бобровской впадины наклонена от 1500 до 1100 *м* с запада на восток и с севера на юг. Эти же направления имеют реки, протекающие в пределах впадин Размеры впадин невелики· Лениногорская впадина про-

тягивается в восточном направлении на 40—45 *км* при ширине до 5—7 *км*, Нарымо-Бухтарминская имеет длину 150 *км* при ширине от 2 до 12 *км*, Бобровская — 30 *км* при ширине от 10 до 15 *км*.

ЗАЙСАНСКАЯ ВПАДИНА

Данная впадина расположена между горными сооружениями Алтая и Калбы — на севере и Саур-Тарбагатая — на юге. В геоструктурном отношении она представляет собой молодой межгорный прогиб, выполненный кайнозойскими отложениями мощностью до 2000 *м*.

Рельеф большей части территории Зайсанской впадины (Западное и Центральное Призайсанье) имеет облик аккумулятивной аллювиально-пролювиальной и аллювиально-озерной равнины. Плоская поверхность равнины слабо наклонена к центру впадины, где и расположено оз. Зайсан, в настоящее время перекрытое Бухтарминским водохранилищем, с абсолютной отметкой зеркала воды 394,8 *м*. Аккумулятивная равнина Северного Призайсанья несколько приподнята по отношению к остальной части впадины и террасирована; здесь отмечается до пяти террасовых уровней оз. Зайсан. Абсолютные высоты на большей части территории впадины колеблются в пределах 400—480 *м*. В юго-восточной и северо-западной частях впадины на левобережье р. Иртыша значительные площади заняты грядовыми эоловыми песками. Ландшафты этих участков приобретают облик песчаной пустыни.

В центральной части Северного Призайсанья и на левобережье Черного Иртыша широко распространены эрозионно-денудационные грядово-холмистые равнины. Последние сформированы на крупных пологих горст-антиклинальных поднятиях (или группах поднятий), сложенных палеоген-неогеновыми пестроцветными глинами и песками и в ряде случаев породами палеозойского фундамента. Для рельефа этих равнин характерно чередование грядовых, часто плосковершинных возвышенностей с отметками до 600—650 *м* и обширных глинистых и глинисто-песчаных такыров.

Рельеф южной и частично северной прибортовых частей Зайсанской впадины имеет облик наклонных куэстовых равнин. Моноклинальное залегание пластов кайнозойских отложений и поперечное к простиранию наклонной равнины расчленение ее водотоками обусловили широкое развитие куэстовых форм рельефа, получивших в Средней Азии и Казахстане наименование адыров. Абсолютные высоты отдельных адыров достигают 1100 *м* (при относительных превышениях до 200 *м*). По удалении от предгорий адыры постепенно сменяются пологими увалами, чередующимися с обширными наклонными поверхностями аллювиально-пролювиальных конусов выноса.

САУР-ТАРБАГАТАЙ

Ограничивающая с юга Зайсанскую впадину, вытянутая в широтном направлении система хребтов, входящих в Саур-Тарбагатайский регион, представлена высокогорными, среднегорными и низкогорными типами рельефа. На востоке горная система начинается хребтом Саур, простирающимся в широтном направлении (восточная половина хребта располагается в пределах Китайской Народной Республики). Саур является наиболее высоким хребтом в описываемой горной системе (до 3816 *м*), к которому приурочена область современного оледенения Саур-Тарбагатая. Положение снеговой линии около 3300 *м*, а нижней

границы ледниковых языков около 3000—3500 *м*. Общая площадь ледниковых, фирновых и снежных полей около 72 *км*^{2}. На высотах 3200—3700 *м* развиты формы расчлененного гляциально-высокогорного рельефа. Верховья речных долин представляют собой мульдообразные расширения, замыкающиеся стенками цирков и каров. Относительная глубина долин колеблется в пределах 200—500 *м*. На днищах мульдообразных расширений лежат широкие короткие ледники. Важнейшей морфологической особенностью горных возвышенностей системы хребтов Саур-Тарбагатая является довольно широкое распространение в приводораздельных их частях реликтов древней поверхности выравнивания. Непосредственно к северу от области развития гляциально-высокогорного рельефа и поверхностей выравнивания на абсолютных высотах 3500—2200 *м* располагается ярус крутосклонного высокогорного рельефа без форм ледниковой скульптуры. Плоские или слабоволнистые поверхности водораздельных возвышенностей резко переходят в крутые, часто отвесные склоны ущелий. Амплитуда относительных высот достигает 1200—1300 *м*.

От хребта Саур в запад-северо-западном направлении ответвляется более низкий хребет Манрак, имеющий максимальную высоту 2053 *м*. Рельеф приводораздельной части Манрака имеет облик среднегорья. На нижних частях склонов хребта он приобретает черты дробно расчлененного низкогорья. Восточное ответвление Манрака, имеющее контуры массивного глыбового поднятия, известно под наименованием хребта Сайкан. Перечисленные хребты составляют собственно Саурскую горную группу.

На западе региона протягивается хребет Тарбагатай, ось которого, ундулируя, испытывает общее погружение в западном направлении, в связи с чем абсолютные отметки водораздела понижаются с востока на запад от 2900 до 1600 *м*. От Зайсанской впадины он отделен четко выраженным уступом. В западной части Тарбагатая высокогорный рельеф развит только в приводораздельной части. Здесь же широко распространены и реликты древней поверхности выравнивания. В пределах Восточного Тарбагатая рельеф имеет облик расчлененного среднегорья. Здесь также чрезвычайно широко развит низкогорный рельеф с дробным расчленением. В западном и северо-западном направлениях он переходит в низкогорный с мягкими контурами рельеф, приближающийся к типу мелкосопочника.

В пределах региона расположено несколько межгорных впадин. Между хребтами Саурской группы и хребтом Тарбагатай лежит Чиликтинская впадина, длина которой в северо-западном направлении достигает 70 *км* при максимальной ширине 30 *км*. Ее плоская равнинная поверхность, наклоненная от бортов к центру, имеет средние абсолютные отметки 1100—1200 *м*; происхождение впадины связано с тектоническими процессами, поверхность ее сложена четвертичными щебенисто-галечными отложениями. Центральную часть впадины занимает обширное болотистое урочище Кызыл-Чилик, окруженное солончаками. Площадь болота 180—200 *км*^{2}. Из него берет начало р. Кандысу, текущая в северо-западном направлении.

Между хребтами Сайкан и Саур расположена Кендерлыкская мульда, в центральной части которой протягивается хребет Акжал. Вдоль оси, в северо-западном направлении она вытянута на 25 *км* и достигает ширины в средней части 14 *км*, абсолютные отметки поверхности ее 1000—1600 *м*, а хребта Акжал — от 2000 *м* на востоке до 1300—1400 *м* на западе. Джеменейская мульда общей площадью около 28 *км*^{2} расположена в междуречье Джеменей — Уйдене, южнее г. Зайсана. Абсолютные отметки ее равнинной поверхности 1000—1300 *м*.

АЛАКОЛЬСКАЯ ВПАДИНА

Эта впадина примыкает с юга к горной системе Саур-Тарбагатая. Она подобно Зайсанской впадине представляет собой межгорный прогиб, выполненный кайнозойскими отложениями. На большей части территории впадины рельеф имеет облик аккумулятивной аллювиально-пролювиальной и аллювиально-озерной равнины с абсолютными отметками 340—350 *м*. Вдоль северной прибортовой части впадины широко распространены адырные формы рельефа (наклонные куэстовые равнины). В восточной части впадины, в районах новейших поднятий рельеф приобретает облик грядово-волнистых эрозионно-денудационных равнин; в центральной части расположена цепь мелководных озер, крупнейшее из которых оз. Алаколь. Южная граница Алакольской впадины расположена за пределами Восточного Казахстана и проходит вдоль северных предгорий Джунгарского Алатау.

ЦЕНТРАЛЬНО-КАЗАХСТАНСКИЙ МЕЛКОСОПОЧНИК

Обширные территории, лежащие к западу от Алтая и Саур-Тарбагатая, известны в литературе под названием Казахской складчатой страны. В пределы Восточного Казахстана входит лишь ее юго-восточная часть. Рельеф большей части региона представлен мелкосопочными приподнятыми денудационными равнинами, представляющими собой сочетание пологонаклонных возвышенностей и гряд, сложенных породами дислоцированного палеозоя, и широких плоских депрессий, выполненных бурыми неогеновыми глинами и суглинисто-щебенистым пролювием четвертичного возраста мощностью от нескольких до десятков метров.

К югу мелкосопочник постепенно и незаметно переходит в область Чингизского холмогорья, которое приобретает уже некоторые элементы рельефа низких гор. Здесь в северо-западном направлении кулисообразно протягиваются хребты Кан-Чингиз, Чингиз-Тау и Акшатау, имеющие северо-западное простирание, совпадающее с направлением хребтов Саур-Тарбагатая. Эти горы являются основным водоразделом между бассейнами р. Иртыша и оз. Балхаш. Среди низкогорья выделяется несколько разновидностей рельефа. Наиболее высокая часть его — грядово-гривистое низкогорье хребта Акшатау (1170—1300 *м*). Гривы и гряды имеют асимметричный поперечный профиль: южные склоны пологие, северные — крутые; относительные превышения 200—250 *м*. Грядово-увалистое низкогорье (хребет Кан-Чингиз и др.) характеризуется чередованием гряд и увалов с крутыми склонами (до 40°) и относительными превышениями 100—250 *м*. Увалистое низкогорье (горы Аркат, Сарытау и Жарминске) отличается сравнительно высокими (относительные превышения 100—250 *м*) увалами северо-западного простирания. Абсолютные отметки поверхности составляют 850—1000 *м*. Увалы имеют симметричный профиль, но северо-восточные склоны их характеризуются большей расчлененностью.

Среди мелкосопочных приподнятых денудационных равнин также выделяется несколько форм рельефа. Наиболее распространен холмисто-увалистый рельеф различных гипсометрических уровней; поперечный профиль увалов симметричный с пологими (5—10°) склонами и относительными превышениями до 100 *м*. С увеличением относительных превышений крутизна склонов холмов и увалов достигает 20°. Участки мелкосопочного гривового рельефа развиты в районе хребта Айгыржал; к югу от низкогорья хребта Чингиз расположены прерывистые гряды с отметками 700—900 *м*, постепенно снижающиеся

к оз Балхаш В пределах мелкосопочника и низкогорья распространены такие своеобразные и специфические для Восточного Казахстана виды рельефа, как «шоку», «котуртас» («щербатые скалы») и «койтас» («овечьи холмы»), развитые преимущественно на гранитах Рельеф «шоку» отличается беспорядочным расположением конических холмов, имеющих относительные превышения 8—30 *м* и круглые очертания в плане Для рельефа «котуртас» характерны матрацевидная отдельность гранитов, коридоры и обрывы высотой до 50—60 *м* В пределах региона на отдельных пониженных участках длиной от 1,5—6 до 35—40 *км* широко развиты аккумулятивно-денудационные равнины с маломощным и прерывистым покровом рыхлых отложений и плоской поверхностью, иногда осложненные наличием эрозионных останцов и системой мелких рек, обычно не имеющих постоянного стока Вдоль относительно крупных рек протягиваются аккумулятивные аллювиально-пролювиальные равнины поверхность которых слабо наклонена в сторону местных базисов эрозии и осложнена блюдцевидными западинами, сухими руслами временных водотоков, врезанными на глубину 0,5—2 *м*, солончаками, такырами и сорами

ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ

Данная низменность входит в пределы Восточного Казахстана крайней юго восточной частью и представляет собой однообразную плоскую лесостепную и степную равнину Семипалатинского Прииртышья, в южной части с террасами р Иртыша Поверхность ее на северо востоке имеет характер увалистого плато Обь Иртышского водораздела, пересеченного в юго-западном направлении долинами древнего стока, занятыми ленточными борами Абсолютные отметки поверхности 240—420 *м* В юго-западном направлении отметки снижаются до 150 *м* и поверхность приобретает характер пологохолмистой террасированной озерно-аллювиальной и аллювиальной равнины, где широко распространены эоловые формы рельефа барханно-бугристых грядовых песков, развитых в пределах дельтовых отложений древних речных долин По южной окраине равнины протекает р Иртыш, в долине которой выделяются пойма и четыре надпойменные террасы Первая надпойменная терраса, распространенная по обоим берегам, имеет высоту 6—7 *м* от уреза воды и ширину от 1 до 3—5 *км* Вторая терраса в районе г Семипалатинска возвышается над урезом реки на 20 *м* Третья надпойменная терраса имеет уступ высотой до 25 *м* и ширину 5—25 *км*, местами переходя в мелкосопочник Четвертая терраса распространена только на правом берегу реки и на севере за пределами Восточного Казахстана постепенно переходит в Кулундинскую равнину

Разнообразие рельефа создает определенные предпосылки для различий в формировании подземных вод В горных районах уклоны зеркала грунтовых вод значительно большие, чем на равнинных частях территории Связанные с этим скорости фильтрации подземных вод отражаются на промытости горных пород и влияют на формирование химического состава подземных вод Интенсивность расчленения рельефа по площади и глубине эрозионных врезов в горах определяет сильную дренированность пород, в отличие от равнин, к которым приурочены местные и региональные базисы подземного стока

КЛИМАТ

Климат Восточного Казахстана резко континентальный с большими суточными, сезонными и годовыми амплитудами колебаний температуры воздуха, что определяется глубоким внутриконтинентальным

положением территории. По М. В. Тронову (1949), этот район является ареной схождения климатов: резко континентального монгольского, степного и полупустынного Средней Азии и континентального западносибирского. Зима здесь суровая, лето сравнительно продолжительное и жаркое, на большей части территории в Зайсанской и Алакольской впадинах и в области Казахского мелкосопочника — засушливое.

В пределах различных частей территории климат имеет свои особенности, зависящие от ряда причин и в первую очередь от широты и высоты местности, характера рельефа, направления горных хребтов и экспозиции их склонов. Довольно отчетливо выражена климатическая зональность: вертикальная в горных районах и горизонтальная на равнинах.

Температура. Средняя годовая температура воздуха на исследуемой территории колеблется в зависимости от широты местности и ее высотного положения. Так, в северной части она составляет 2,2—2,6° С, на юге 5,8—4,1° С; в горной местности средняя годовая температура воздуха понижается до —3,8° С (Орловский поселок). Распределение по территории средних годовых температур воздуха, абсолютного максимума и минимума температуры и амплитуды колебания ее приведено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение средних годовых температур воздуха

Пункт	Температура, °С			
	Средняя годовая	Абсолютный максимум	Абсолютный минимум	Амплитуда колебаний
Семиярское	2,6	43	—48	92
Семипалатинск	2,3	42	—49	91
Кара-Ада	2,9	40	—49	89
Чубартау	3,3	40	—49	89
Аягуз	2,4	40	—45	85
Усть-Каменогорск	2,4	41	—48	89
Лениногорск	1,5	35	—47	82
Зыряновск	—1,5	40	—51	91
Катон-Карагай	1,6	34	—44	78
Орловский поселок	—3,8	36	—54	90
Зайсан	4,1	40	—46	80
Урджар	4,0	41	—51	92

Наиболее холодными месяцами бывают январь и февраль, со среднемесячной температурой от минус 17 до минус 23,8° С на севере территории и в высокогорных котловинах и от минус 14,1 до минус 16,6° С на юге. Наиболее теплый месяц июль, средняя месячная температура его 20—23° С в равнинной части и 14—16° С в горных районах.

Переход температуры через 0° С весной происходит в первой декаде апреля, а осенью в последней декаде октября. Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой воздуха выше нуля составляет 205—216 дней в равнинной части и 66—177 дней в высокогорных частях территории. Продолжительность безморозного периода составляет соответственно 105—130 и 52—67 дней. Часто наблюдаются явления температурных инверсий, когда холодные массы воздуха спускаются в межгорные впадины и, застаиваясь там, вызывают резкие и продолжительные понижения температуры.

Ветер Большое разнообразие рельефа местности обусловливает сложный характер ветровой деятельности. Зимой территория Восточного Казахстана находится под влиянием Монголо-Сибирского антициклона, несущего низкие температуры и малое количество осадков, в это время года господствуют юго-восточные и восточные сухие ветры. В летние месяцы распад Монголо-Сибирского антициклона вызывает перемещение с запада насыщенных влагой воздушных масс, несущих с собой основное количество атмосферных осадков. В это время года дуют влажные западные и северо-западные ветры В горных и предгорных районах часто наблюдаются ветры местных направлений. Средние многолетние скорости ветра изменяются от 1,6 до 5,9 *м/сек*. Наиболее активна ветровая деятельность на равнинных частях территории, где число дней в году со скоростью ветра более 15 *м/сек* достигает 60 (г Жангиз-Тобе), в горных котловинах это число падает до семи дней в году (г. Зыряновск).

В теплый период года иногда дуют жаркие сухие ветры юго-западных направлений, приводящие к интенсивному испарению с поверхности почвы, растительности и водоемов. Сопровождаются они обычно высоким дефицитом влажности Число дней с суховеями колеблется в пределах 40—80, в отдельные годы составляя около 100 дней. Интенсивные суховеи при скорости ветра более 8 *м/сек* иногда сопровождаются пыльными бурями Суховеи в горных районах редки.

Осадки. Распределение осадков по территории Восточного Казахстана крайне неравномерно Годовая сумма осадков в разных районах колеблется от 170 до 1800 *мм* и более Распределение осадков в основном контролируется расположением горных хребтов, с одной стороны, задерживающих основные осадки, идущие с запада, а с другой — отгораживающих от них отдельные районы и впадины.

Количество атмосферных осадков, тесно связанное с распределением абсолютных высот и экспозицией склонов, возрастает по мере приближения к высокогорным районам до 1000—1300 *мм* и более в год Наибольшее количество осадков выпадает на наветренных склонах передовых хребтов Рудного Алтая, которые первыми перехватывают влагу западных воздушных течений В пределах Ивановского хребта (высота до 2800 *м*) в верховьях р. Громатухи выпадает максимальное не только для рассматриваемой области, но и для всей азиатской части Союза количество осадков (максимум 2100 *мм* при норме 1500—1800 *мм*) Второй максимум осадков приурочен к Южному Алтаю Здесь на северных склонах Нарымского, Тарбагатайского хребтов и хребта Южный Алтай годовое количество осадков превышает 1300 *мм*. На юге территории южные наветренные склоны хребтов Тарбагатай и Саур получают осадков больше 700 *мм* На подветренных восточных склонах гор выпадает меньше осадков, чем на западных В межгорных впадинах количество атмосферных осадков уменьшается до 100—200 *мм* в год (г Зайсан, пос Аксуат).

На распределение осадков по сезонам года оказывает влияние характер атмосферных процессов, на количество осадков, как уже указывалось, — высота местности и ее защищенность от несущих влагу масс воздуха В холодный период выпадает значительно меньше осадков, чем в теплый Доля зимних осадков уменьшается от 36—45% на южной периферии горных хребтов до 15—20% в глубинных горных районах

Количество осадков, выпадающих в различных пунктах региона, приведено в табл. 2 и на рис 9.

Для расчетов приходной части водного баланса И. С. Соседовым и Р. И. Гальпериным (1965) на основании обработки большого факти-

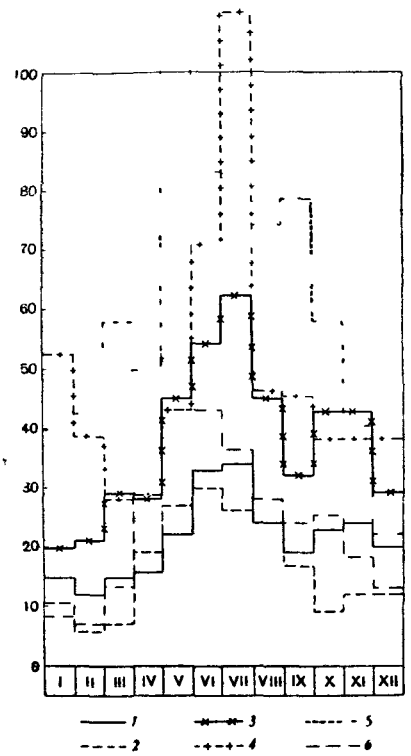


Рис 9 Сопоставление внутригодового распределения осадков по постам наблюдений (составил И В Токарев)
1 — Семипалатинск *2* — Аксуат *3* — Усть Каменогорск *4* — Маркаколь *5* — Лениногорск *6* — Зайсан

ческого материала составлена карта распределения годовых осадков (рис 10), которая дает возможность оценить среднюю многолетнюю величину годового количества осадков в любом пункте или для бассейна в целом Средняя погрешность определения не превышает 20%

Снежный покров Осенне-зимнее накопление осадков в виде снежного покрова — один из важных факторов формирования поверхностного стока и пополнения запасов подземных вод Среднее число дней со снежным покровом, высота снежного покрова, даты образования и схода устойчивого снежного покрова приведены в табл 3

В связи с тем, что величины, приведенные в табл 3, характеризуют только местные ограниченные условия, они не могут распространяться на большую территорию На формирование весеннего половодья и на восполнение запасов подземных вод основное влияние оказывают максимальные запасы снега в бассейне перед началом снеготаяния Исследованиями В М Болдырева, Р И Гальперина (1965) выявлено, что наибольшие запасы воды в виде снега формируются на Рудном и Южном Алтае

Таблица 2

Распределение количества осадков

Пункт	Количество осадков, *мм*		
	в год	в холодный период (XI — III)	в теплый период (IV — X)
Семипалатинск	250	88	166
Аягуз	214	57	160
Жарма	269	56	213
Георгиевка	298	72	213
Кокпекты	302	129	146
Урджар	403	204	200
Аксуат	177	48	138
Бахта	254	108	143
Шемонаиха	383	99	296
Малая Ульба	1516	556	960
Усть-Каменогорск	446	142	304
Самарка	359	126	239
Лениногорск	669	113	558
Зыряновск	568	207	369
Катон-Карагай	426	85	342
Зайсан	287	62	226
Маркаколь	574	232	345
Орловский поселок	321	94	235

В верховьях Ульбы и Тургусуна они превышают 750 *мм* слоя воды, на левобережье Иртыша в районе Калбы — 200 *мм*, в районе хребта Саур — 300 *мм*, в районе Урджара — 300—350 *мм*. Значительно меньше твердых осадков накапливается в Зайсанской котловине (25 *мм*), в западной и северной частях левобережья Иртыша.

Распределение максимальных запасов снега по территории в основном соответствует распределению сумм годовых и твердых осадков,

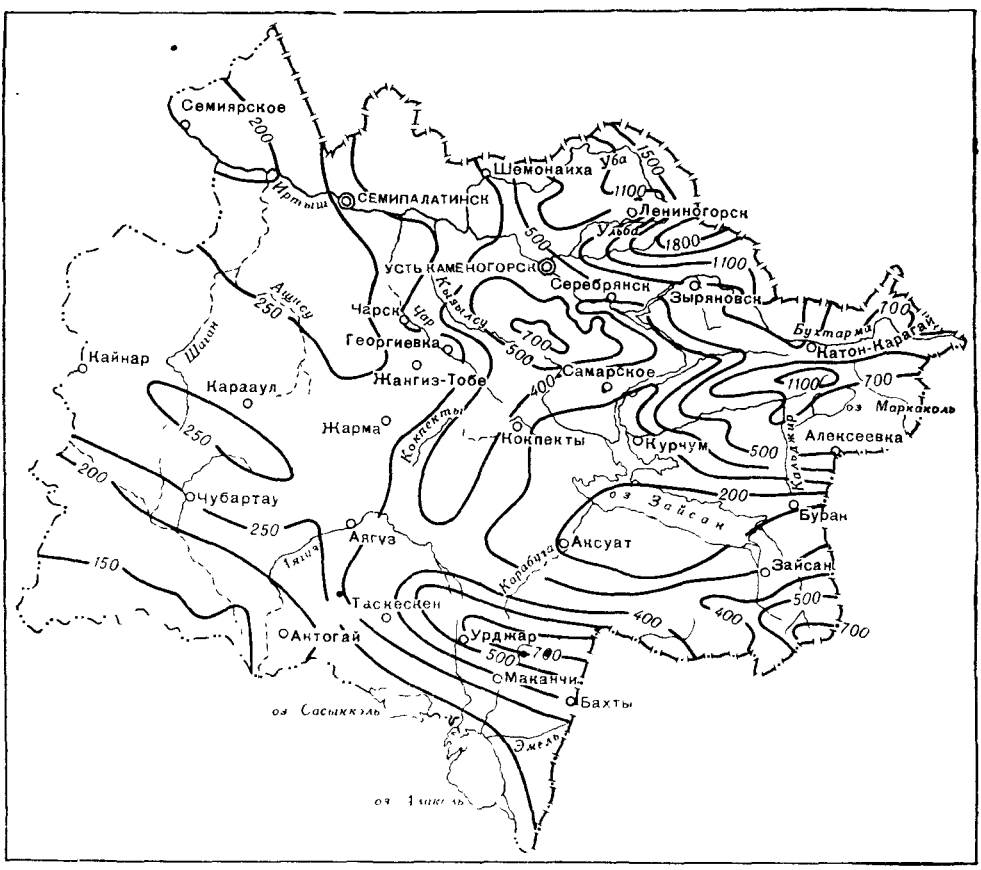


Рис. 10. Карта распределения годовых сумм осадков в изолиниях слоя воды в *мм* (по И. С. Соседову и Р. И. Гальперину)

но они иногда существенно перераспределяются под влиянием ветровой деятельности и рельефа местности. Наиболее заметно ветровая деятельность сказывается в северной и западной частях территории, где среднемесячные скорости ветра достигают 7—6 *м/сек*.

Р. И. Гальпериным составлена карта твердых осадков (рис. 11), которая может быть использована для практических целей при расчетах формирования поверхностного стока и восполнения запасов подземных вод за счет зимних осадков.

Испарение. Условия увлажнения территории зависят от соотношения осадков и испаряемости, т. е. от максимально возможного испарения с поверхности суши при неограниченных водных ресурсах.

В горных районах Алтая, где количество осадков достигает 1000—1800 *мм* и более, а испаряемость не превышает 600 *мм*, отмечается из-

Таблица 3

Продолжительность образования и схода устойчивого снежного покрова

Пункт	Среднее число дней со снежным покровом	Средняя высота снежного покрова, *см*	Дата образования установившегося снежного покрова ранняя / поздняя	Дата разрушения установившегося снежного покрова ранняя / поздняя
Семипалатинск	155	28	1/X / 24/XI	13/III / 26/IV
Кара-Ада	129	7	24/X / 28/XII	6/II / 30/III
Усть-Каменогорск	155	42	30/X / 1/XII	17/III / 26/IV
Лениногорск	177	48	13/X / 10/XI	31/III / 3/V
Зыряновск	169	91	25/X / 17/XI	5/IV / 10/V
Катон-Карагай	166	35	15/X / 1/I	6/III / 30/IV
Кокпекты	152	68	20/X / 17/XII	13/III / 22/IV
Аягуз	148	40	27/X / 10/XII	20/III / 17/IV
Зайсан	140	25	1/XI / 9/XII	18/III / 20/IV
Урджар	146	74	31/X / 23/XI	27/III / 17/IV

быточное увлажнение, часто образующее поверхностный склоновый сток, особенно в первой половине лета. В южной, юго-западной и западной частях территории, особенно в Зайсанской и Алакольской впадинах, испаряемость превышает сумму годовых осадков в несколько раз. Так, в районе Тополева Мыса (юго-восточная оконечность оз. Зайсан) вычисленная по данным испарения с почвы величина испаряемости составила 1101,4 *мм* при сумме осадков всего лишь 178 *мм*. Дефицит осадков составляет почти 1000 *мм*. Поэтому для этих районов характерно развитие пустынных и полупустынных ландшафтов, с поверхности которых сток практически отсутствует. В табл. 4 приводится испарение с водной поверхности малых водоемов.

Многолетняя мерзлота. Многолетние снега, кары и ледники Алтая на отметках выше 2300 *м* и Саура выше 3000—3300 *м* позволяют выделить участки распространения многолетней мерзлоты (см. гидрогеологическую карту). Это подтверждается следующими широко распространенными физико-геологическими процессами: образованием наледей, бугров, пучением и солифлюкцией грунтов и полигональными почвами, а также обширными заболоченными участками на выровненных пространствах реликтов древнего пенеплена. В пограничной Горно-Алтайской автономной области на отметках выше 2300 *м* многолетняя мерзлота вскрыта горными выработками.

Климат оказывает существенное влияние на подземные воды Атмосферные осадки являются основным источником формирования и

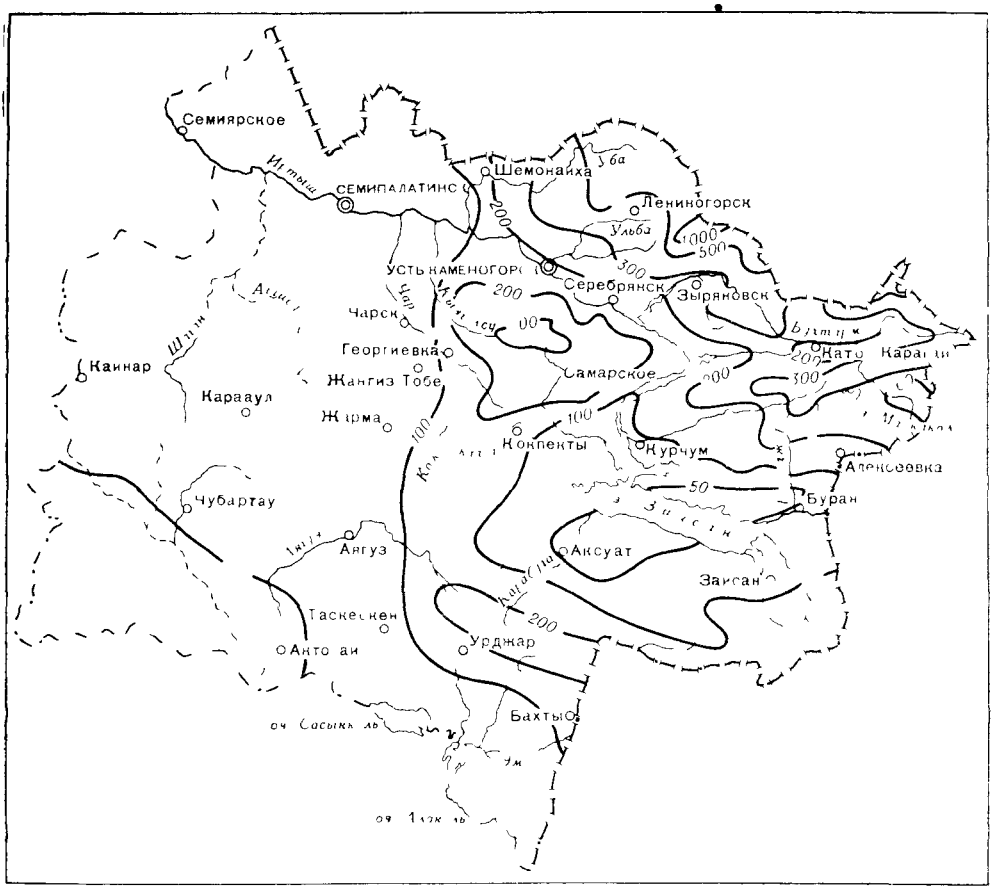


Рис 11 Карта распределения твердых осадков в изолиниях слоя воды в *мм* (по Р И Гальперину)

Таблица 1

Испарение (в *мм* слоя) с водной поверхности малых водоемов

Пункт	Месяцы								Сумма IV — XI	Годовая сумма осадков
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
Семипалатинск	74	130	157	163	135	96	61	26	842	250
Кара-Джол	65	94	96	106	115	84	64	30	654	393
Кара-Аул	85	137	115	198	167	119	77	34	982	236
Аягуз	76	127	156	194	173	108	64	17	915	214
Урджар	58	90	96	113	112	77	43	12	601	403
Шемонаиха	50	113	124	126	112	74	52	—	651	383
Ленногорск	52	82	85	82	80	62	59	—	502	669
Усть-Каменогорск	54	99	100	105	93	70	59	—	580	446
Катон-Карагай	68	98	101	99	92	70	58	—	581	426
Курчум	60	98	99	96	90	70	51	—	564	251
Зайсан	69	116	150	156	147	103	56	—	797	287

чание. Средние величины испарения, вычисленные по формуле Б Д. Зайкова (1946) несколько занижены, поэтому данными, приведенными в табл 4, можно пользоваться лишь в первом приближении.

пополнения ресурсов подземных вод. Континентальность климата, особенно резко проявляющаяся на равнинных частях территории, способствует иссушению почв и испарению подземных вод неглубокого залегания, что приводит к их засолению.

Ландшафтно-климатическая зональность во всех ее проявлениях (от количества и вида атмосферных осадков до растительности и температур воздуха) в совокупности с рельефом контролирует формирование подземных вод (как их количества, так и химического состава).

РЕКИ И ОЗЕРА

В гидрографическом отношении территория относится к бассейну р. Иртыша и к бассейну внутренних бессточных озер Балхаш-Алакольской впадины. Водораздельная граница проходит по Тарбагатайскому и Чингизскому хребтам и их отрогам.

Река Иртыш берет начало в пределах Китайской Народной Республики и под названием Черного Иртыша впадает в оз. Зайсан. Сток бывшего Белого Иртыша, бравшего начало из оз. Зайсан, от пос. Аблакетка до оз. Зайсан зарегулирован плотинами Бухтарминской (БГЭС) и Усть-Каменогорской (УКГЭС) гидроэлектростанций. В настоящее время оз. Зайсан находится в зоне подпора от Бухтарминской плотины. Отметка нормального подпорного горизонта (НПГ) 394,8 *м*, общий объем водохранилища с оз. Зайсан 53 млрд. $м^3$, водохранилище многолетнего регулирования. Нижний бьеф Бухтарминской ГЭС по существу сопрягается с кривой выклинивания Усть-Каменогорской ГЭС, отметка НПГ 335 *м*, регулирование стока этим водохранилищем суточное. Зарегулированный расход БГЭС, а следовательно, и УКГЭС в период нормальной эксплуатации составляет 500—550 $м^3/сек$. В весенний период (IV—V месяцы) в целях затопления пойменных лугов Семипалатинской и Павлодарской областей проводятся специальные попуски из Бухтарминского водохранилища сосредоточенным расходом около 2000—1800 $м^3/сек$, продолжительностью до 20 дней. Попуски приурочивают к половодью на реках Ульбе и Убе. Попуски являются одним из факторов пополнения запасов подземных вод, гидравлически связанных с р. Иртышом. У г. Семипалатинска р. Иртыш выходит на Западно-Сибирскую низменность и ниже его имеет характер равнинной реки. Основные притоки впадают в р. Иртыш справа в пределах Восточно-Казахстанской области.

Река Кальджир вытекает из оз. Маркаколь, рассекает глубокой долиной горы Азутау и выше с. Черняевка выходит в долину Черного Иртыша. Река бурная, порожистая, в верхнем течении сток ее зарегулирован оз. Маркаколь, ниже его влияние нарушается притоками.

Река Курчум берет начало в горах Сарымсакты, длина ее 170 *км*. Водосборный бассейн ограничен хребтами Курчумским и Нарымским, ниже с. Курчум она впадает в Бухтарминское водохранилище.

Река Бухтарма — самый значительный приток Иртыша, вытекает из ледника Кабинского хребта. Бухтарма до р. Тургусун находится в подпоре от Бухтарминской гидроэлектростанции.

Река Ульба получает свое название в месте слияния рек Тихой и Громатухи. Водораздельная линия между ними проходит по Ульбинскому и Убинскому хребтам. Длина р. Ульбы 125 *км*, площадь водосбора 4990 $км^2$. Река Ульба впадает в р. Иртыш у г. Усть-Каменогорска.

Река Уба образуется при слиянии рек Белой Убы и Черной Убы, большую часть пути протекает в горной местности в извилистых

щелях, с многочисленными порогами; в нижнем течении она протекает по волнистой степной местности. Река Уба впадает в р. Иртыш вблизи с. Форпост-Убинский.

Для водного режима правобережных притоков р. Иртыша характерен пикообразный, растянутый до середины лета характер половодья в связи с равномерным поступлением талых вод из разных высотных зон. На пики от талых вод накладываются паводковые пики от дождей. Летняя межень рек слабо выражена, часто прерывается дождевыми паводками. Минимальную водность реки имеют в зимний период.

Левобережные притоки р. Иртыша малочисленны и маловодны. К наиболее значительным из них относятся реки Чар и Чаган (Шаган).

Река Чар берет начало на юго-западном склоне Калбинского хребта, длина ее 225 *км*. В верхнем течении — это быстрая горная речка, у с. Георгиевка она приобретает черты равнинной реки. Пополнение стока на этом участке незначительное. Сток реки используется на орошение. В летнее время она сильно мелеет и засолоняется.

Река Чаган стекает с юго-западных отрогов хребта Чингиз-Тау, длина ее 250 *км*. В горной части бассейна — это бурная река с постоянным стоком. На равнине она частично пересыхает, разбивается на отдельные плесы, сообщающиеся между собой подрусловым потоком. Характерными особенностями этих рек являются слабо выраженные водоразделы в равнинной части, наличие внутри бассейнов обширных бессточных участков, куда стекают талые воды, образуя замкнутые озера и соры. Паводок на этих реках кратковременный, бурный, в меженный период сток почти прекращается.

К бассейну Алакульской впадины в пределах нижней части Семипалатинской области относятся реки, описанные ниже.

Река Каракол берет начало на южном склоне Тарбагатайского хребта и через обширные заболоченные массивы доносит воду до оз. Сасыкколь только в весеннее половодье и в период выпадения осенних дождей.

Реки Урджар, Хатынсу, Эмель берут начало на южном склоне Гарбагатайского хребта, в верховьях имеют характер горных рек, при входе в Алакольскую впадину теряют часть стока на инфильтрацию и испарение и только в половодье достигают оз. Алаколь. Половодье на реках начинается в апреле — мае, в летний период постоянный сток наблюдается только в горной части. Сток этих рек входит как составляющая в приходную часть баланса Алакольской группы озер.

К бассейну оз. Балхаш в пределах Семипалатинской области относятся реки Баканас и Аягуз.

Река Баканас берет начало на Чингизском хребте. В весенний период это бурная, многоводная река. Летом она пересыхает, теряется в песчано-галечных отложениях Прибалхашского плато.

Река Аягуз стекает с северных склонов Тарбагатайского хребта. В горной и предгорной частях бассейна она имеет хорошо выраженную пойму, сложенную гравийно-галечниковыми отложениями, в которых аккумулируются грунтовые воды. Почти на всем протяжении воды в реке хорошего качества. До совхоза «Тансык» река имеет постоянный сток, летом в нижнем течении пересыхает, но подземный сток, по-видимому, сохраняется. До оз. Балхаш поверхностный сток доходит лишь в период половодья.

Равнинные реки, протекающие по существу в полупустынных условиях, представляют собой типичные реки снежного или снежно-родникового питания с кратковременным бурным половодьем и низкой,

вплоть до пересыхания или перемерзания, летне-осенней и зимней меженью. Дождевые осадки не оказывают существенного влияния на режим равнинных рек. Сток на них сохраняется в течение года лишь на отдельных участках, в равнинной части он расходуется на инфильтрацию в рыхлые грунты, на испарение и используется на орошение.

Распределение поверхностного стока по территории представлено на рис. 12, характеристики расходов воды основных рек — в табл. 5.

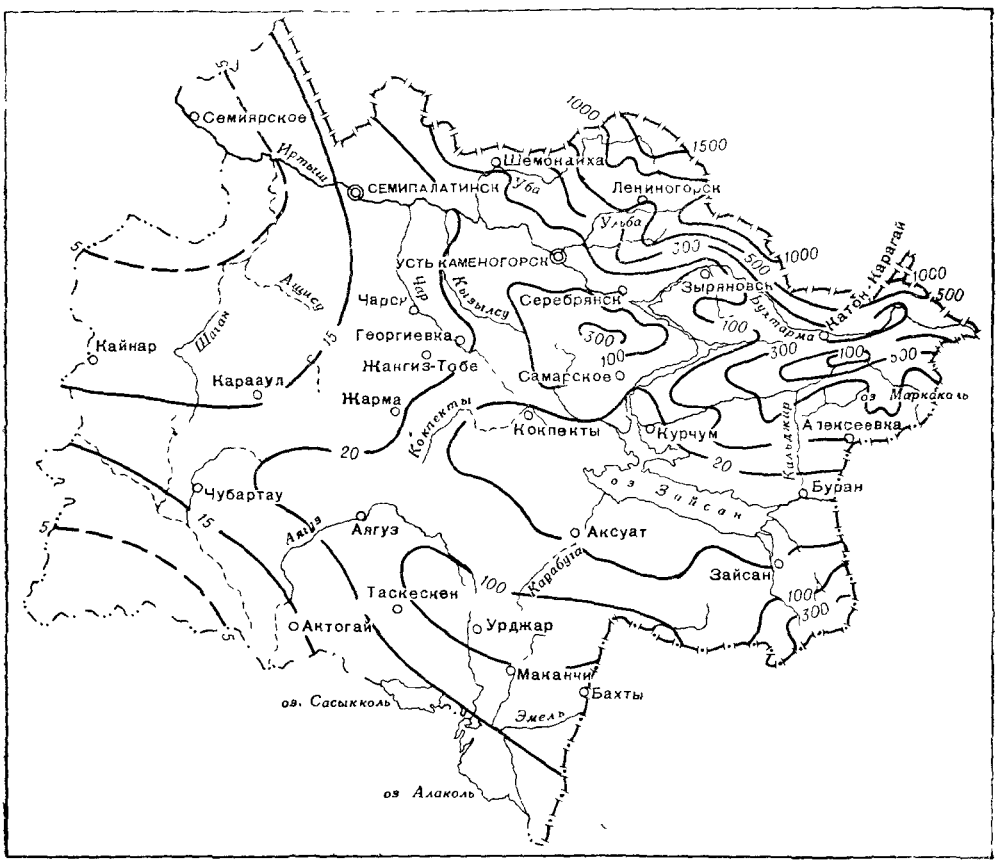


Рис 12 Карта среднегодового поверхностного стока в изолиниях слоя воды в *мм* (по И С Соседову и З Т. Беркалиеву)

Озеро Зайсан расположено в Зайсанской впадине и является наиболее крупным пресноводным бассейном в Восточном Казахстане с объемом водной массы более 8 $км^3$; в настоящее время озеро входит в акваторию Бухтарминского водохранилища.

Озеро Маркаколь расположено в отрогах Курчумского хребта (Южный Алтай), занимая глубокую впадину на высоте около 1500 *м*. Озеро пресное, площадь его равна 455 $км^2$, глубина достигает 27 *м*, из озера вытекает р. Кальджир.

В горной части Восточного Казахстана много более мелких озер ледникового и тектонического происхождения (Маралье, Бухтарминское, Черновое, Косколь и др.). Питание всех этих озер осуществляется за счет атмосферных осадков и впадающих в них ключей и речек, подъем уровня происходит в весенний период, минимальный уровень

Таблица 5

Среднемесячные расходы воды по рекам

Река	Населенный пункт	Годы наблюдений	Площадь водосбора $км^2$	Расход воды $м^3/сек$												
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за год
Черный Иртыш	с Буран	1950—1963	55 900	63,6	59,8	63,0	117,0	616,0	1090	725	422	258	156	95,2	68,0	316,0
Кальджир	с Черняевка	1950 1963	3 090	7 58	6,69	6,98	24,5	60,5	49,5	35	24,5	15,9	12,7	9,5	8,3	21
Курчум	с Вознесенское	1950—1963	4 850	12,2	10,5	13,3	63,4	210,0	198	84,3	47,6	30,5	24,5	19,8	13,9	59,8
Бухтарма	с Лесная Пристань	1950—1963	10 700	35,2	31,3	40,0	263,0	567,0	536	298	193	126	102	74,9	42,7	192,0
Ульба	ст Ульба Перевалочная	1931—1966	4 900	16 9	16,7	24,0	221,0	403,0	203	81,5	50,3	49,6	53,8	37,4	18,4	98,2
Уба	г Шемонаиха	1936 1964	9 700	30,4	26,1	36,7	458,0	677,0	336	149	93,8	97,2	106	63,0	37,0	179
Чар	с Николаевка	1955—1963	1 800	0,72	0,76	1,67	16,2	18,4	8,28	4 11	3,52	1,78	1,79	1,92	1,56	5,06
„	аул Исабек	1933—1934, 1936—1942, 1945—1958	2 100	0,36	0,39	0,33	14,0	29,0	8,13	4,6	1,23	0,97	1,16	0,79	0,36	5,11
Ащису	с Тенлык	1956 1963	4 020		—	—	7,46	0,97	0,087	0,066	0,072	0,065	0,66	0,041	0,012	—
Баканас	с Чубартау	1939—1941, 1947—1958	3 020	0,18	0,2	0,27	7,85	7,87	2,04	0,32	0,05	0,027	0,1	0,11	0,11	1,59
Аягуз	г Аягуз	1950—1961	6 720	0,78	0,54	14,4	31,8	16,6	7,22	3,18	2,42	1,72	2,13	1,55	1,11	6,91
Каракол	с Таскескен	1956—1959	658	—		1,95	22,4	21,7	10,7	4,15	2,58	1,56	1,64	2,0	—	—
Урджар	с Алексеевка	1935, 1936, 1938—1942, 1946, 1948—1949, 1951—1954, 1958	1 480	0 26	0,24	0,3	4,3	5,36	8,06	3,64	2,33	2,34	2,31	0,48	0,42	4,26

наблюдается зимой, когда поверхностный сток отсутствует. Вода в озерах чистая, прозрачная, слабо минерализованная.

Озеро Алаколь расположено в Балхаш-Алакольской впадине на юге Семипалатинской области, площадь водного зеркала 2665 *км*², длина 90 *км*, северные берега плоские, часто болотистые, только южный и частично восточный берега подмыты озером, к юго-западному берегу подходят отроги Джунгарского Алатау. Вода в озере слабо солоноватая, почти пресная, в весенний период при подъеме уровня соленость воды снижается.

К Алакольской группе озер относятся озера Сасыкколь площадью 719 *км*² и Кочкарколь (Уялы) с площадью водного зеркала 118 *км*², соединенные между собой речкой Женишкесу. Озера этой группы получают основное питание за счет речного стока и в значительной мере за счет атмосферных осадков, выпадающих на водное зеркало озер, а также за счет грунтовых вод и разгрузки вод Алакольского артезианского бассейна.

Более мелкие озера этой зоны — Карабастуз, Балыктыколь, Георгиевское, Бурлюгак и др — имеют размеры до нескольких квадратных километров, глубина их не превышает 1—2 *м*, берега низкие, болотистые, вода солоноватая. В некоторых озерах илы обладают бальнеологическими свойствами (Георгиевское, Бурлюгак и др.). Питание этих озер происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод.

Озера, расположенные в степной зоне и в мелкосопочнике, часто представляют собой типичные континентальные соленые водоемы, занимающие наиболее низкие участки бессточных бассейнов

В пределах Восточного Казахстана наблюдается тесная гидравлическая связь между водами рек и озер и подземными водами В подавляющем большинстве реки и озера в меженный период питаются в значительной мере за счет подземных вод. И лишь в отдельных случаях, когда долины рек пересекают зоны тектонических нарушений, последние поглощают поверхностные воды В паводковый период, когда уровень поверхностных вод превышает уровень грунтовых вод, наблюдается питание подземных вод за счет вод поверхностных водотоков

Глава III

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Восточный Казахстан в геоструктурном отношении входит в пределы Иртыш-Зайсанской и Джунгаро-Балхашской герцинских геосинклинальных зон, разделенных каледонидами Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория. С северо-востока к Иртыш-Зайсанским герцинидам примыкают каледониды Горного Алтая.

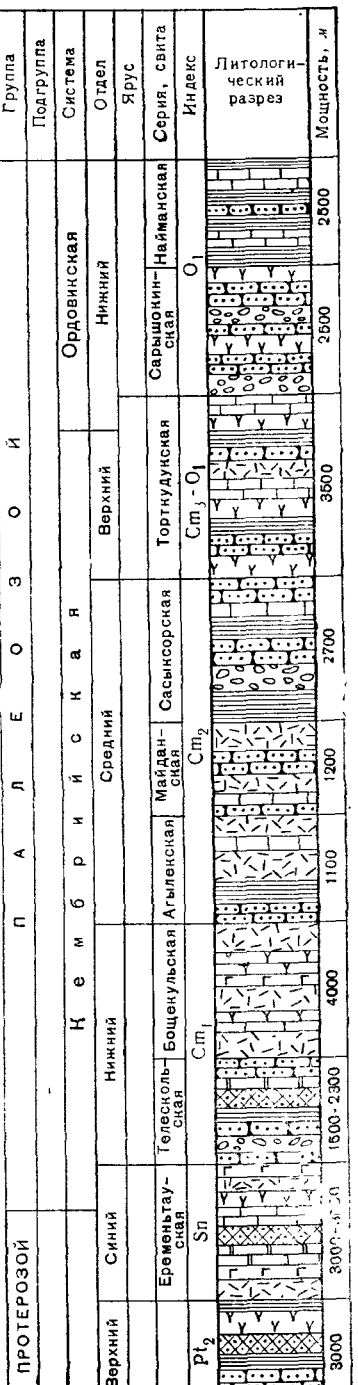
На территории Восточного Казахстана широко распространены различно дислоцированные отложения допалеозойского и палеозойского возраста, а также магматические образования. Ими сложены обширные площади Центрально-Казахстанского мелкосопочника, хребты и горные массивы Алтая и Саур-Тарбагатая. Мезозойские отложения имеют ограниченное распространение; они известны в северной части Семипалатинского Прииртышья и Зайсанской впадине, а также выполняют ряд наложенных мульд в Саур-Тарбагатайском регионе и в Центрально-Казахстанском мелкосопочнике (в Причингизье). Широко развиты породы кайнозойского возраста. Наиболее полные и мощные разрезы кайнозоя представлены в молодых (альпийских) межгорных впадинах (Зайсанской, Алакольской, Чиликтинской и др.), наиболее крупные из которых являются артезианскими бассейнами. В областях молодых поднятий эти отложения выполняют долины рек и мелкие эрозионно-тектонические депрессии.

Условия накопления, движения и распределения подземных вод контролируются геолого-структурными особенностями. Территория Восточного Казахстана в кайнозойскую эру геологической истории претерпела весьма значительные изменения, выразившиеся в создании сводово-глыбовых структурных форм на древней каледонско-герцинской складчатой основе. Именно сводово-глыбовыми движениями был заложен современный план областей денудации и аккумуляции, обусловлен характер рельефообразующих процессов и распределение областей питания, разгрузки и аккумуляций подземных вод.

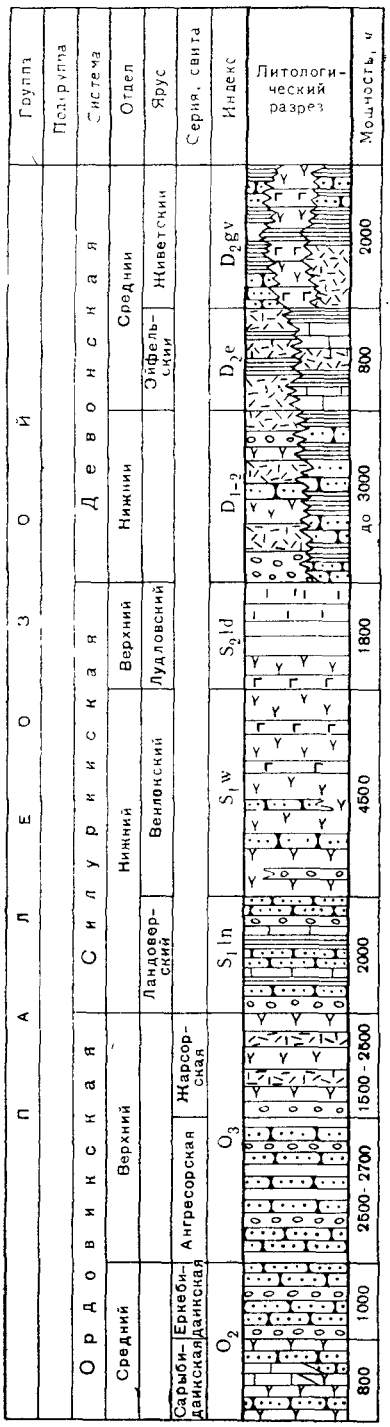
СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ ДОЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Докембрий (PCm). Наиболее древними отложениями на территории Восточного Казахстана являются *верхнепротерозойские* (Pt_2), получившие широкое развитие в хребте Чингиз и на его северо-западном продолжении. Они представлены в нижней части метаморфическими сланцами, кварцитами, серицитизированными песчаниками, порфироидами. Выше согласно залегает эффузивно-осадочная свита, сложенная диабазовыми и пироксеновыми порфиритами, лавами кислого состава, туфами и туфопесчаниками с прослоями алевролитов. Общая мощность отложений более 3000 *м*.

Синий (Sn) представлен отложениями ерементауской серии, получившей распространение в Чингиз-Тарбагатайском мегантиклинории.



Краткая характеристика пород	Гидрогеологическая характеристика				
	Название водоносных горизонтов, комплексов	Геологический индекс	Качество воды	Мощность обводненной зоны, м	Производительность водопунктов, л/сек
Алевролиты, углисто-кремнистые сланцы, песчаники, известняки	Трещинные и трещинно-жильные воды отложений ордовика, силура	O, S	Преимущественно пресные, иногда солоноватые	до 20—50	до 2,5, по зонам разломов до 20
Песчаники, валунные конгломераты, покровы порфиритов и их туфов					
Пироксеновые и роговообманковые порфириты, туфы, песчаники, алевролиты, известняки	Трещинные и трещинно-жильные воды докембрийских и кембрийских отложений	Pt_2, Sn, Cm, $Cm_3 - O_1$	Преимущественно пресные, реже слабо солоноватые, иногда сильно соленые	до 30—60	до 0,5
Сланцы, кремнистые алевролиты, песчаники, конгломераты, известняки					
Альбитофиры, туфы, песчаники, известняки					
Фельзитовые и дацитовые порфиры, туфолавы, альбитофиры, кремнистые алевролиты, песчаники, известняки					
Лавы основного, среднего и кислого состава, их туфы					
Песчаники, алевролиты, яшмы, кварциты, конгломерато-брекчии					
Эффузивы основного и кислого состава, их туфы, порфиритоиды, известняки, кварциты, яшмы					
Метаморфические сланцы, кварциты, песчаники, порфироиды					



Краткая характеристика пород	Гидрогеологическая характеристика: Название водоносных горизонтов, комплексов	Геологический индекс	Качество воды	Мощность обводненной зоны, м	Производительность водопунктов, л/сек
Песчаники, алевролиты, эффузивы основного и кислого состава, хлорито-серицитовые сланцы, известняки	Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных девонских, среднедевонских отложений	D, D_{2-3}	Преимущественно пресные, на отдельных участках слабосолоноватые и солоноватые	до 70	от 0,06 до 27
Эффузивы кислого состава, туфы, сланцы, известняки					
Кварцевые порфиры, альбитофиры, фельзиты, диабазы, мандельштейны, туфы, туфолавы, конгломераты, песчаники, сланцы и известняки					
Лавы основного и среднего состава, альбитофиры	Трещинные и трещинно-жильные воды отложений ордовика, силура	O, S	Преимущественно пресные, иногда солоноватые	до 20—50	до 2,5, по зонам разломов до 20
Порфириты андезито-базальтового состава, туфы, альбитофиры. В низах разреза слои песчаников и конгломератов					
Конгломераты, песчаники, сланцы, алевролиты, реже известняки					
Лавы андезитового состава, туфы, базальты, дацитовые лавы					
Песчаники, конгломераты, алевролиты					
Песчаники, конгломераты, туфы основного и среднего состава					
Порфириты андезитового состава, туфы, туфопесчаники и песчаники с линзами известняков					

Серия сложена измененными лавами основного, среднего и реже кислого состава, туфами, яшмами, яшмокварцитами и кварцитами. В разрезе присутствуют горизонты известняков, а также мощные пачки литокластических пород. Мощность 3000—3500 *м* (рис. 13).

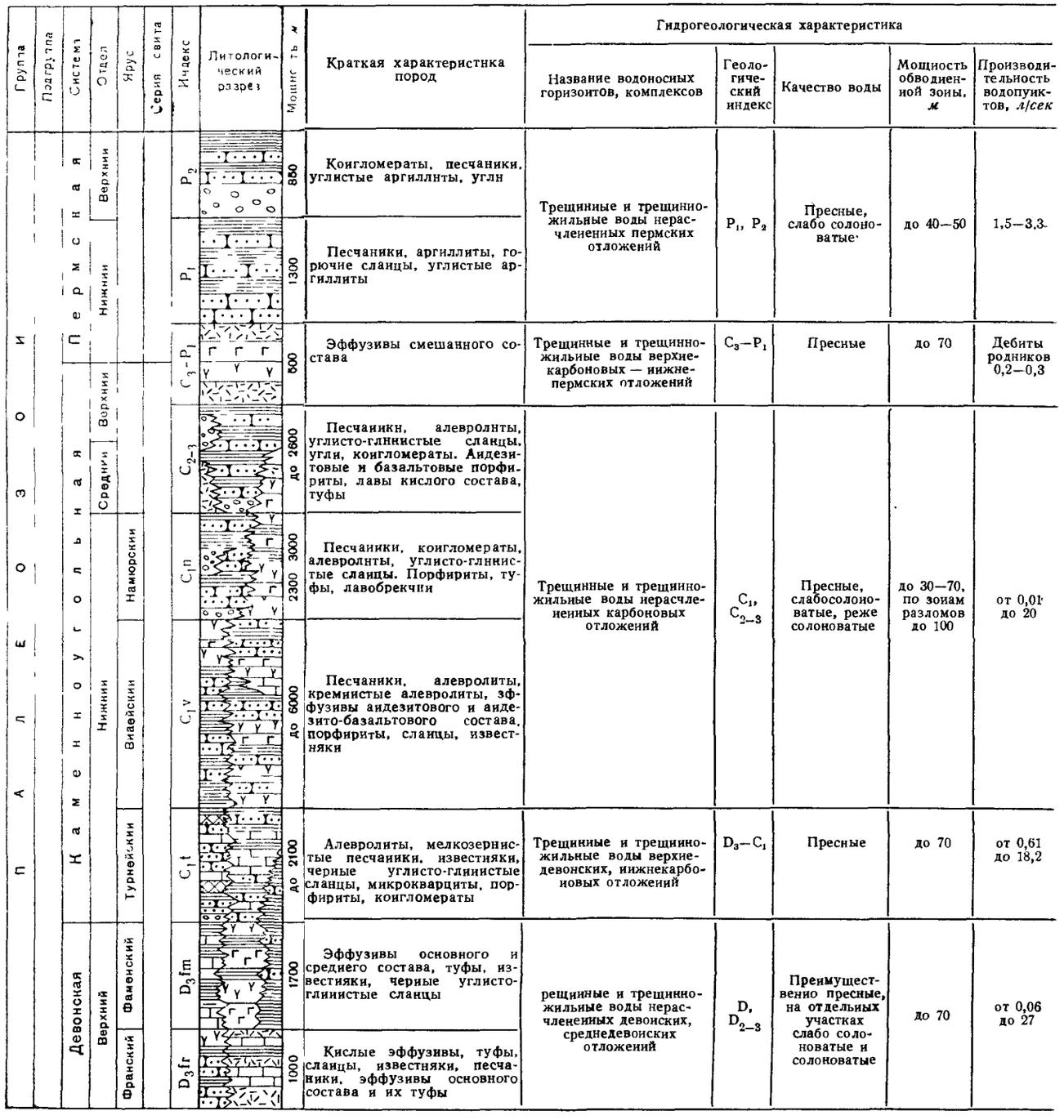
Кембрийская система (Cm). Отложения этого возраста получили распространение только в пределах Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория и имеют суммарную мощность, превышающую 10 000 *м*. Породы отличаются монолитностью и крепостью. Зоны выветривания и трещиноватости распространяются до глубины 30—60 *м*.

Отложения нижнего кембрия (Cm_1) представлены двумя свитами: нижней — телескольской (песчаники, алевролиты, яшмы, туффиты, кварциты, конгломерато-брекчии) мощностью 1500—2300 *м* и верхней — бощекульской вулканогенной (лавы основного, среднего и кислого состава и их туфы) мощностью до 4000 *м*.

Отложения среднего кембрия (Cm_2) представлены тремя свитами: агырекской эффузивно-осадочной (фельзитовые и дацитовые порфиры, альбитофиры, туфолавы и туфы кислого состава, песчаники, кремнистые алевролиты, известняки), майданской осадочной (альбитофиры, туфы, песчаники с пластами известняков) и сасыксорской песчано-сланцевой (конгломераты, песчаники, кремнистые алевролиты, сланцы, редкие горизонты известняков). Общая мощность отложений среднего кембрия около 5000 *м*.

Отложения верхнего кембрия — тремадока ($Cm—O_1$) имеют небольшое распространение вдоль юго-западного подножия хребта Кан-Чингиз, а также на междуречье Карааулозек — Такыр. Это мощные эффузивно-осадочные образования (пироксеновые, роговообманковые порфириты и их туфы, песчаники, алевролиты известняки) торткудукской свиты. Мощность 3500 *м*.

Ордовикская система (O). Отложения, относимые к этой системе, широко распространены в Чингиз-



Краткая характеристика пород	Гидрогеологическая характеристика: Название водоносных горизонтов, комплексов	Геологический индекс	Качество воды	Мощность обводненной зоны, *м*	Производительность водопунктов, *л/сек*
Конгломераты, песчаники, углистые аргиллиты, угли	Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных пермских отложений	P_1, P_2	Пресные, слабо солоноватые	до 40—50	1,5—3,3
Песчаники, аргиллиты, горючие сланцы, углистые аргиллиты					
Эффузивы смешанного состава	Трещинные и трещинно-жильные воды верхнекарбоновых — нижнепермских отложений	C_3—P_1	Пресные	до 70	Дебиты родников 0,2—0,3
Песчаники, алевролиты, углисто-глинистые сланцы, угли, конгломераты. Андезитовые и базальтовые порфириты, лавы кислого состава, туфы	Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных карбоновых отложений	C_1, C_2—$_3$	Пресные, слабосолоноватые, реже солоноватые	до 30—70, по зоиам разломов до 100	от 0,01 до 20
Песчаники, конгломераты, алевролиты, углисто-глинистые сланцы. Порфириты, туфы, лавобрекчии					
Песчаники, алевролиты, кремнистые алевролиты, эффузивы андезитового и андезито-базальтового состава, порфириты, сланцы, известняки					
Алевролиты, мелкозернистые песчаники, известняки, черные углисто-глинистые сланцы, микрокварциты, порфириты, конгломераты	Трещинные и трещинно-жильные воды верхнедевонских, нижнекарбоновых отложений	D_3—C_1	Пресные	до 70	от 0,61 до 18,2
Эффузивы основного и среднего состава, туфы, известняки, черные углисто-глинистые сланцы	Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных девонских, среднедевонских отложений	D_3, D_2—$_3$	Преимущественно пресные, на отдельных участках слабо солоноватые и солоноватые	до 70	от 0,06 до 27
Кислые эффузивы, туфы, сланцы, известняки, песчаники, эффузивы основного состава и их туфы					

Рис. 13. Сводная геолого-гидрогеологическая колонка отложений палеозойского возраста (составили В. С. Ерофеев и Г. Г. Колесников)

Тарбагатайском мегантиклинории и каледонидах Горного Алтая. Наиболее полные и палеонтологически охарактеризованные разрезы ее имеются в Чингизе (Борукаев, 1962)

Отложения нижнего ордовика (O_1) с размывом налегают на подстилающие толщи и расчленены на две свиты сарышокинскую (зеленые и серые песчаники, валунные конгломераты, покровы пироксеновых, роговообманковых и плагиоклазовых порфиритов и их туфов) и наиманскую (чередование пачек черных и серых углисто-кремнистых алевролитов, глинисто-хлоритовых сланцев, песчаников, пачек и линз известняков). Мощность отложений около 5000 *м*

Отложения среднего ордовика (O_2) представлены сарыбидаикской (порфириты андезитового состава и их туфы, песчаники и туфопесчаники с линзами известняков) и еркебидаикской (обломочные образования — песчаники, конгломераты, чередующиеся с горизонтами туфов основного и среднего состава) свитами Мощность отложений около 1800 *м*

Отложения верхнего ордовика (O_3) также подразделены на две свиты Нижняя, ангресорская, залегает согласно на подстилающих отложениях среднего ордовика и сложена переслаивающимися зеленоцветными песчаниками, конгломератами и алевролитами Песчаники и алевролиты часто образуют тонкие флишоидные переслаивания Верхняя, жарсорская, свита залегает резко несогласно на подстилающих отложениях; в нижней части ее разреза присутствует пачка осадочных пород небольшой мощности, выше которой залегают вулканогенные образования, представленные бурыми и красноватыми роговообманковыми и плагиоклазовыми андезитовыми лавами и их туфами Значительно реже присутствуют покровы базальтовых и кислых дацитовых лав Мощность отложений 4000—5200 *м*

В Рудном Алтае к ордовикской системе условно отнесены отложения корболихинской свиты, представленные метаморфическими кварцево серицито-хлоритовыми зеленоцветными сланцами В Горном Алтае к нерасчлененным ордовикским отложениям отнесены песчаники и сланцы с пачками известняков кабинской свиты

Силурийская система (S) Отложения этого возраста на территории Восточного Казахстана распространены более широко, нежели ордовикские Наибольшее развитие они имеют в пределах Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория, частично в Иртыш-Зайсанской геосинклинальной зоне (Чарский антиклинорий) и каледонидах Горного Алтая Нижние горизонты разреза силура (ландоверский ярус S_1ln), наиболее полно представленные в хребте Чингиз, сложены переслаивающимися пачками конгломератов, песчаников, алевролитов и сланцев реже известняков; в верхних частях разреза появляются эффузивы и туфы основного и среднего состава Мощность около 2000 *м* Согласно залегающие отложения венлокского яруса (S_1w), также получившие распространение в хребте Чингиз, представлены преимущественно вулканогенным комплексом пород — порфиритами андезито-базальтового состава и их туфами с подчиненным развитием альбитофиров В низах разреза эффузивы и туфы переслаиваются с конгломератами и песчаниками, содержащими фауну венлока Мощность 4500 *м* В хребте Тарбагатаи фациальным аналогом описанных отложений являются осадочные образования нижней подсвиты доненжальской свиты, представленные конгломератами, известковистыми песчаниками и известняками Верхняя подсвита доненжальской свиты, относимая к лудловскому ярусу (S_2ld), сложена преимущественно эффузивами основного и среднего состава, сменяющимися вверх по разрезу альбитофирами Мощность свиты около 1800 *м* В Горном Алтае ниж-

несилурийские отложения известны под наименованием середчихинской свиты, сложенной переслаивающимися пачками конгломератов, песчаников, известковистых алевролитов и известняков общей мощностью около 1000 *м*. В Чарском антиклинории силур представлен толщей переслаивающихся кремнистых песчаников, сланцев и рифовых известняков, объединяемых в арасанскую свиту мощностью 600 *м*.

Девонская система (D). На территории Восточного Казахстана отложения девона имеют наибольшее распространение. Они характеризуются крайне неоднородным фациально изменчивым литологическим составом как в вертикальном разрезе, так и по простиранию, вследствие чего обладают разной степенью сопротивляемости пород выветриванию и трещиноватости. Исключением являются литологически выдержанные по мощности и простиранию толщи D_{2-3} и D_3C_1, о которых будет сказано ниже. В Рудном Алтае к отложениям этого возраста приурочены все основные месторождения полиметаллических руд.

Отложения нижнего — среднего отделов девона (D_{1-2}) распространены в хребте Чингиз, где выделены под наименованием кайдаульской свиты. Последняя сложена преимущественно эффузивами — кварцевыми порфирами, альбитофирами, кератофирами, фельзитами, альбитизированными диабазами и мандельштейнами. Толщу эффузивов переслаивают туфы различного состава, туфолавы и туфобрекчии. Отмечается также чередование конгломератов, песчаников, сланцев и известняков. Мощность отложений до 3000 *м*. В Джунгаро-Балхашской геосинклинальной зоне толща этого возраста представлена терригенными осадками — песчаниками и сланцами. Аналогичными породами здесь сложен и весь средний и верхний девон.

Отложения эйфельского яруса (D_2e) широко распространены в Рудном Алтае, где представлены толщей кислых эффузивов и их туфов с прослоями глинистых сланцев. Мощность 550—800 *м*. В Южном Алтае эйфельский ярус сложен преимущественно сланцами и известняками с редкими пачками кислых эффузивов. Мощность 600—800 *м*.

Отложения живетского яруса (D_2gv) развиты повсеместно. В Чингиз-Тарбагатае — это преимущественно песчаники и алевролиты морского и частично континентального режима осадконакопления. В Восточном Тарбагатае большое развитие получают эффузивы основного состава. В Рудном и Южном Алтае отложения живетского яруса представлены кислыми эффузивами (иртышская свита), кварцево-хлорито-серицитовыми сланцами (белоусовская свита). В Чарском антиклинории к описываемому ярусу отнесена чарская свита сланцев и известняков мощностью до 1000 *м*. Общая мощность отложений живетского яруса до 2000 *м*.

В пределах Южного и Рудного Алтая широко распространена кыстав-курчумская свита среднего — верхнего девона (D_{2-3}), сложенная литологически выдержанными на огромных пространствах песчаниками и алевролитами мощностью до 1800—3000 *м*.

Отложения франского яруса (D_3fr) в хребтах Чингиз и Тарбагатай тесно связаны с живетскими и представлены близкими комплексами горных пород: песчаниками, эффузивами основного состава и их туфами. В Юго-Западном Алтае — это эффузивно-осадочная толща (кислые эффузивы, туфы, сланцы, известняки); мощность отложений франского яруса до 1000 *м*.

Отложения фаменского яруса (D_3fm) распространены в хребтах Чингиз, Западный Тарбагатай, где они представлены сравнительно маломощной толщей известняков и алевролитов. В Рудном Алтае в разрезе яруса преобладают эффузивы и туфы среднего и основного соста-

ва. Для разреза Чарского антиклинория характерны известняки. Мощность отложений фаменского яруса до 1700 *м*.

В пределах Калбинского хребта и в Южном Алтае весьма широко развита монотонная толща черных углисто-глинистых сланцев, известных под наименованием такырской свиты, возраст которой определяется как фамен — турне (D_3—C_1). Мощность их более 1000 *м*.

Каменноугольная система (С). Отложения данного возраста также имеют широкое распространение на описываемой территории. Характерны для них, как и для отложений девона, пестрота литологического состава, но значительно меньший метаморфизм пород по сравнению с подстилающими формациями. На территории Юго-Западного Алтая разрез каменноугольных отложений имеет двухчленное строение: нижний карбон представлен преимущественно морскими отложениями, средний и верхний — континентальными.

Отложения нижнего карбона (C_1) получили наиболее полное палеонтологическое обоснование в Рудном Алтае. Они представлены алевролитами, мелкозернистыми полимиктовыми песчаниками, известняками, черными углисто-глинистыми сланцами, конгломератами, микрокварцитами и порфиритами общей мощностью 1200—2100 *м* (тарханская, бухтарминская и кояндинская свиты).

Отложения визейского яруса (C_1v) сложены переслаивающимися песчаниками, алевролитами, кремнистыми алевролитами, эффузивами андезитового и андезито-базальтового состава, порфиритами, сланцами, известняками общей мощностью до 6000 *м* (свиты тургусунская, кедровская, балгынская, джалтырская, коконьская, аркалыкская и каркаралинская).

Отложения намюрского яруса (C_1n) представлены либо комплексом осадочных терригенных пород — конгломератами, песчаниками, алевролитами и углисто-глинистыми сланцами общей мощностью 2300—3000 *м* (кокпектинская свита, Чарско-Кокпектинский мелкосопочник), либо вулканогенными образованиями — порфиритами, туфами, лавобрекчиями и т. п. (кенсайская свита хребта Саур-Тарбагатай).

Отложения среднего — верхнего карбона (C_{2-3}) на большей части описываемой территории представлены континентальными образованиями. В Рудном и Южном Алтае — углистыми алевролитами, песчаниками и конгломератами с прослоями углей. Мощность отложений до 1200 *м* (малоульбинская и глубоковская свиты). В северо-восточной части Казахского мелкосопочника выделены алевролиты, углистые алевролиты, песчаники и конгломераты общей мощностью 1300—2600 *м* (буконьская и майтюбинская свиты). В хребте Саур отложения этого возраста сложены андезитовыми и базальтовыми порфиритами, кислыми эффузивами и их туфами. На них с размывом налегает кендерлыкская угленосная свита. В хребте Чингиз отложения среднего карбона выделены в керегетасскую свиту порфиритов, кислых лав, туфобрекчий мощностью 1400 *м*.

Верхнекарбоновые — нижнепермские отложения (C_3—P_1) развиты на ограниченных участках в междуречье Ульбы и Иртыша и на юге Алтая. Представлены они преимущественно эффузивами (лавами и туфами) основного и кислого состава. Мощность до 500 *м*.

Пермская система (Р). Отложения этого возраста имеют довольно ограниченное фрагментарное распространение и представлены континентальными образованиями. Наиболее полный и мощный разрез перми установлен в Кендерлыкской мульде хребта Саур.

Отложения нижней перми (P_1), выделенные в караунгурскую и таранчинскую свиты, сложены полимиктовыми песчаниками и аргилли-

тами в переслаивании с пачками горючих сланцев и углистых аргиллитов мощностью 1000—1300 *м*

Отложения верхней перми (P_2) в Кендерлыкской мульде выделены в майчатскую (конгломератовую), акколканскую (угленосную) и ужумскую (аргиллито-алевролитовую) свиты общей мощностью около 850 *м*

В северо-восточной и южной частях Центрально-Казахстанского мелкосопочника и Семипалатинском Прииртышье к перми отнесены вулканогенные образования даубайской и семейтауской свит

Триасовая система (T) Отложения данного возраста известны только в Кендерлыкской мульде хребта Саур и на юго-востоке Заисанской впадины В разрезе системы выделены акжальская свита существенно конгломератовая с прослоями гравелитов и разнозернистых песчаников мощностью 500—700 *м* и тологайская угленосная (алевролиты, песчаники, аргиллиты, углистые аргиллиты и угли) мощностью 750 *м* (рис. 14)

Юрская система (J) В Кендерлыкской мульде хребта Саур установлены нижнеюрские отложения, которые объединены в тайсуганскую свиту, представленную тонкопереслаивающимися черными и буроватыми углистыми аргиллитами, желтовато-зелеными алевролитами и мелкозернистыми песчаниками Мощность 220—370 *м* Нерасчлененные юрские угленосные отложения выполняют небольшие замкнутые мульды в хребте Чингиз Мощность их достигает 400 *м*

Меловая система (Cr) Отложения этого возраста имеют ограниченное распространение и выделяются в пределах межгорных впадин и мульд и в погруженной части Семипалатинского Прииртышья Представлены они в основном континентальными фациями и палеонтологически не охарактеризованы Стратиграфическая принадлежность их устанавливается, как правило, по положению в разрезе

К нижнему мелу в Кендерлыкской мульде и Чиликтинской впадине Саур-Тарбагатая отнесены буровато-желтые конгломераты, гравелиты и песчаники, с видимым несогласием залегающие на породах тайсуганской свиты, мощность их 50—60 *м*

В северной части Семипалатинского Прииртышья на складчатом палеозойском фундаменте залегает континентальная красноцветная толща равномерного переслаивания песчано-алевролитовых и глинистых пород леньковской свиты, возраст которой в пределах Западно-Сибирской низменности определяется апт-альбом Мощность свиты от нескольких до десятков метров К верхнему мелу относится залегающая на этих отложениях толща сероцветных и зеленоцветных песков и алевролитов с подчиненными прослоями глин, которые составляют не более 10% разреза Эти отложения сопоставляются с ипатовской пачкой славгородской свиты Западно-Сибирской низменности, возраст которой определяется как коньяк — сантон Мощность их от нескольких до 50 *м*

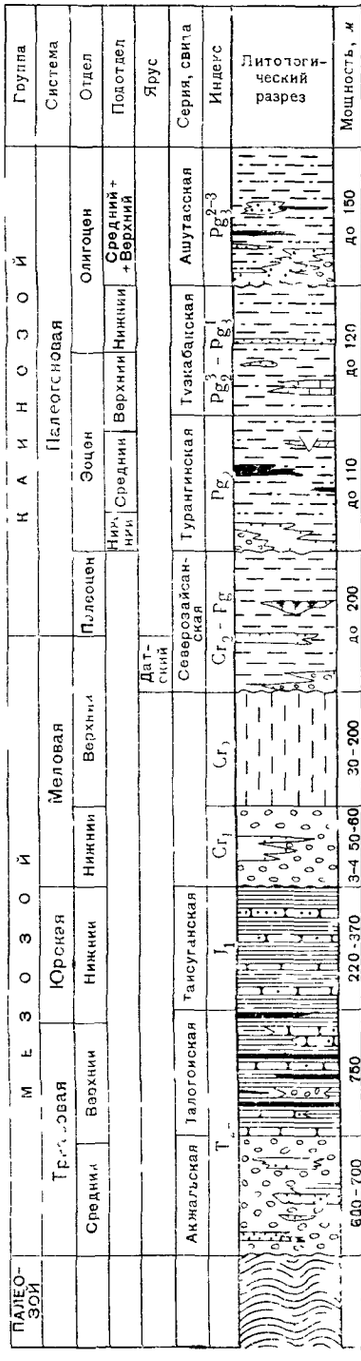
К нерасчлененным мезозойским образованиям относится кора выветривания, имеющая в пределах Восточного Казахстана весьма широкое распространение Представлена она чаще всего пестроокрашенными каолиновыми глинами, в нижних горизонтах сохраняющими структуру материнских пород Мощность ее от 3—5 до 30 *м*, иногда возрастает до 200 *м* и более.

Палеогеновая система (Pg) Отложения данного возраста довольно широко распространены на описываемой территории и приурочены в основном к межгорным впадинам и к Семипалатинскому Прииртышью, причем наиболее полные и мощные разрезы палеогена характерны для Зайсанской впадины. Здесь они играют значительную

роль в формировании подземных вод, образуя систему перемежающихся водоносных и водоупорных горизонтов. В области поднятий складчатого фундамента отложения палеогена встречаются на изолированных участках, имеют значительно меньшую мощность и неполный стратиграфический разрез. В целом же на территории Восточного Казахстана палеоген представлен всеми тремя отделами.

Верхний мел — палеоген (Cr_2—Pg). Отложения этого возраста распространены в пределах Зайсанской впадины, где слагают нижнюю часть разреза кайнозоя и непосредственно залегают с угловым несогласием на породах палеозойского фундамента (северозайсанская свита). Основная масса пород свиты представлена пестроцветными глинами, кремнистыми аргиллитами и алевролитами с редкими прослоями и линзами кварцевых песков и песчаников. Последние наиболее часто встречаются в низах свиты, слагая ее базальные горизонты В подчиненном количестве в разрезах присутствуют прослои и линзы песчаников и алевритов с кремнисто-глинистым, кремнистым и железистым гидрогётитовым цементом темно-вишневого цвета. Низы свиты харктеризуются относительно более грубым составом осадков, большой окремненностью и отбеленностью. Мощность свиты 200 *м*. Турангинская свита (Pg_2) Зайсанской впадины резко с размывом контактирует с нижележащими глинами северозайсанской свиты. Литологически это существенно песчано-алевритовая толща. Глинистые отложения в ее составе имеют подчиненное значение и приурочены в основном к верхам разреза. Для разрезов Северного Призайсанья характерны базальные пески с линзами и прослоями галечников. В Семипалатинском Прииртышье турангинская свита включает залежи бурого угля. Мощность свиты от 40 до 110 *м*.

Верхний эоцен — нижний олигоцен (Pg_2^3—Pg^1_3) представлен в Зайсанской впадине тузкабакской свитой и в Семипалатинском Прииртышье чеганской свитой. Тузкабакская свита связана постепенными переходами с пижележащей турангинской свитой. Литологически она сложена пачками переслаивающихся тонких слоев алевритистых глин и алев-

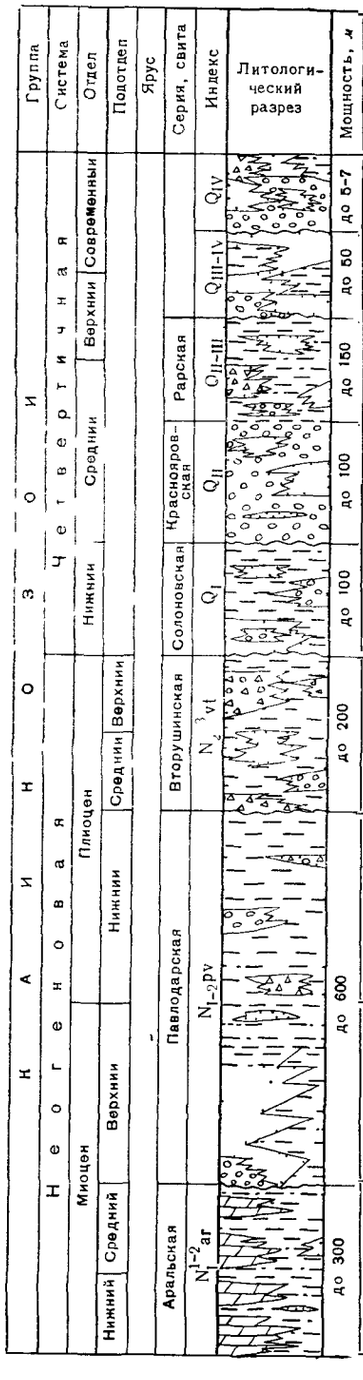


Краткая характеристика пород	Гидрогеологическая характеристика: Название водоносных горизонтов, комплексов	Геологический индекс	Качество воды	Мощность обводненной зоны, *м*	Производительность водопунктов, *л/сек*
Алевриты, пески, глины, галечники, углистые глины, бурые угли	Водоносный комплекс нерасчлененных палеогеновых отложений	Pg_2—$_3$	От пресных до сильно солоноватых	до 10—20	от 0,08 до 1,77, реже 4,2—6,5
Алевриты, глины с тонкими прослойками песчаников и линзами мергелистых глин					
Алевриты, пески, глины, черные углистые глины и бурые угли					
Глины пестроцветные, кремнистые аргиллиты и алевролиты, кварцевые пески и песчаники с кремнистым и железистым цементом	Воды спорадического распространения верхнемеловых — палеогеновых отложений северозайсанской свиты	Cr_2—Pg	От пресных до сильно солоноватых	от 2—4 до 15—25, реже больше	от 0,5 до 35—40
Кора выветривания — глины пестроокрашенные, белые каолинового и монтмориллонитового состава Пески, алевриты	Водоупорные глины мезозойской коры выветривания	Cr_2			
Переслаивание песчано-алевритовых и глинистых пород	Водоносный комплекс верхнепалеозойских — мезозойских отложений	Pz_3, T_2—$_3$, J_1, Cr_1	Пресные и солоноватые		от 0,001 до 3,2 по скважинам
Аргиллиты и алевролиты, переслаивающиеся с мелкозернистыми песчаниками					
Алевролиты, песчаники, аргиллиты, углистые аргиллиты, угли					
Конгломераты с прослоями гравелитов и разнозернистых песчаников					

ритов, в которых встречаются мелкие линзы и прослойки песчаников с известковым цементом и черных глин. Породы изобилуют карбонатными конкрециями. Мощность пород достигает 120 *м*. Чеганская свита лежит непосредственно на отложениях складчатого фундамента в местах их неглубокого залегания, либо, с погружением последнего, на осадках верхнего мела. Представлена чеганская свита переслаиванием жирных листоватых и опесчаненных глин зеленовато-серых, коричневых с алевритами и мелкозернистыми песками. Мощность таких переслаивающихся пачек 10—20 *м* и более, по простиранию они не выдержаны и переходят друг в друга на сравнительно коротком расстоянии. Общая мощность свиты от нескольких метров у выходов палеозойского фундамента до десятков метров

Отложения среднего — верхнего олигоцена (Pg_3^{2-3}) распространены в пределах Зайсанской впадины, Семипалатинского Прииртышья, в Южном Алтае и ряде других мест Ашутасская свита Зайсанской впадины резко с размывом залегает на подстилающих глинах тузкабакской свиты. Литологически это песчано-алевритовая толща с линзами и прослоями зеленовато-серых и белых каолиново-гидрослюдистых глин, гумусированных и углистых глин и бурых углей (лигнитов). Мощность свиты до 150 *м*. Низы свиты более песчанисты и выделяются в нижнюю подсвиту, которая сопоставляется с индрикотериевой свитой Тургая и новомихайловской свитой Западно-Сибирской низменности На правом берегу р Иртыша, северо-восточнее с. Кривинское, обнажаются аналогичные породы, состоящие из переслаивающихся глин, белых каолиновых глин, песков и алевритов Мощность их 15—25 *м*

В пределах Южного Алтая отложения, сопоставленные с ашутасской свитой, преимущественно алеврито-песчаные с многочисленными прослоями и линзами гравелитов, галечников, щебеночников, зеленовато-серых, желтых и белых каолиново-гидрослюдистых глин, гумусированных глин и бурых углей. Отложения, сопоставляемые с ашутасской свитой, встречаются по периферии Балхаш-Алакольской впадины и изучены по



Краткая характеристика пород	Гидрогеологическая характеристика: Название водоносных горизонтов и комплексов	Геологический индекс	Качество воды	Мощность обводненной зоны, *м*	Производительность водопунктов, *л/сек*
Валунно галечные отложения, суглинки, пески, илы	Водоносные комплексы и горизонты аллювиальных, аллювиально-пролювиальных, озерных, озерно-аллювиальных, *флювиогляциальных* отложений Воды спорадического распространения	aIQ, apIQ, laIQ, Q_I—II, Q_{II}—III, Q_{II}—III, gIIQII—III, IQII—IV	Преимущественно пресные, реже слабо *солоневатые*, редко солоноватые и соленые	до 180	Дебиты скважины самые разнообразные — от 0,01 до 50
Пески, алевриты, суглинки, галечники					
Лёссовидные суглинки, лессы, пески, галечники, древесно щебенистые отложения					
Галечники и валунники с *линзами разнозернистых* песков					
Алевриты, глины, пески, галечники					
Суглинки коричневато бурые с линзами и прослоями галечников, песков, щебней	Водоносные комплексы и воды спорадического распространения плиоценовых отложений вторушкинской свиты	N_2^{2-3}?	Пресные	Не более первых десятков метров	1—17,5
Глины красно бурые песчанистые с линзами разнозернистых песков, галечников и щебней	Водоносные комплексы и воды спорадического *распространения* миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты	$N_{1-2}pv$	Пресные, слабо солоноватые до сильно солоноватых	до 30—50	0,1—17,5 редко 50—100
Сарыбулакские слои Галечники, пески, алевриты	Водоносный горизонт миоценовых отложений сарыбулакских песков	N_1^3	Преимущественно пресные	до 30	0,2—3
Глины зеленоцветные с гипсом, мергели, алевриты, пески	Водоупорные глины миоценовых отложений аральской свиты	N_1ar	—	—	—

Рис 14 Сводная геолого-гидрогеологическая колонка отложений мезозойского и кайнозойского возраста (составили В С Ерофеев и Г Г Колесников)

скважине, пробуренной у г. Аягуза; мощность их 32 *м*. Они имеют ярко выраженный аллювиальный генезис и слагают наиболее переуглубленную часть древней долины. В пределах Чарско-Кокпектинского мелкосопочника в буровой скважине у пос. Воронцовка встречены белые глины мощностью до 70 *м* с включением песка и гальки, а также с линзами песка до 1,5 *м*, которые по литологическому составу, по-видимому, сопоставляются с ашутасской (или турангинской ?) свитой Зайсанской впадины.

Нерасчлененные отложения палеогена (*Pg*) известны в Южном Алтае, где они слагают изолированные участки и представлены преимущественно валунно-галечниками с линзами кварцевых песков, алевритов и реже белых песчанистых каолиновых глин. Валуны и галька представлены почти исключительно кварцем и кварцевыми порфирами кулутабарской свиты нижнего девона. В фациально-генетическом отношении указанные отложения представляют собой осадки руслового аллювия и континентальных дельт, по-видимому, низов северозайсанской, турангинской и, возможно, ашутасской свит. Мощность их 5—40 *м*.

Неогеновая система (N) Отложения этого возраста на рассматриваемой территории развиты значительно шире палеогеновых и представлены двумя отделами: миоценом и плиоценом. В межгорных артезианских бассейнах и в Семипалатинском Прииртышье они имеют наибольшую мощность и полноту стратиграфического разреза. В Зайсанской впадине отложения неогена слагают половину мощности всех кайнозойских отложений Мощности до сотен метров установлены в Алакольской впадине и в Семипалатинском Прииртышье. В областях поднятий разрез неогена значительно сокращается как по мощности, так и по стратиграфической полноте. Неогеновые отложения расчленены на три свиты. аральскую, павлодарскую и вторушкинскую.

Аральская свита нижнего — среднего миоцена ($N_1^{1-2}ar$) в Зайсанской впадине согласно залегает на отложениях ашутасской свиты и связана с ней постепенными переходами. Литологически она представлена монотонной толщей глин зеленовато-серого цвета с редкими прослоями алевритов, красно-бурых глин и глинистых известняков (мергелей); мощность свиты достигает 300 *м*. На отдельных участках в основании свиты наблюдается увеличение прослоев грубообломочного материала. Мощность отложений свиты в Семипалатинском Прииртышье достигает 120 *м* и увеличивается в северо-западном направлении. В депрессиях Калбинского хребта мощность свиты составляет 20—100 *м*, а в древних долинах и впадинах колеблется от 10—15 до 70—100 *м*

Литохимический облик свиты характеризуется наличием в породах сульфатных солей и карбонатов. Основная масса сульфатов присутствует в породах в форме гипсовых конкреций. Некоторое количество сульфатов представлено в виде растворимых солей натрия и магния. По результатам анализов водных вытяжек глины аральской свиты засолены главным образом хлоридами и сульфатами натрия и в меньшей степени сульфатами и хлоридами кальция и магния. В разрезе неогена аральская свита играет роль водоупора.

Павлодарская свита верхнего миоцена — нижнего плиоцена ($N_{1-2}pv$) с размывом залегает на глинах аральской свиты или на более древних породах. В Зайсанской впадине в основании павлодарской свиты выделяется пачка песков с линзами и прослоями галечников, алевритов и зеленых глин, получившая наименование *сарыбулакских слоев*. Мощность свиты 20—50 *м*. В Семипалатинском Прииртышье эта пачка не имеет повсеместного распространения и в ряде случаев фаци-

ально замещается глинами и алевритами. Основная часть разреза павлодарской свиты сложена красно-бурыми, часто песчанистыми глинами с редкими линзами и прослоями зеленых глин, полимиктовых разнозернистых песков, щебеночников и галечников, часто сцементированных карбонатом кальция песчаников и конгломератов. Литохимический облик пород определяется наличием свободных окислов железа и карбонатов кальция. Мощность павлодарской свиты в Зайсанской впадине достигает 600 *м*; близкие показатели мощности, по-видимому, характерны и для Алакольской впадины, где разрез неогеновых отложений полностью не пройден. В Семипалатинском Прииртышье мощность свиты уменьшается до 100—150 *м* и в области поднятий составляет обычно первые десятки метров.

Вторушкинская свита среднего — верхнего плиоцена (N_2^{2-3} *vt*) в областях поднятий залегает с размывом на подстилающих породах павлодарской свиты, а в областях молодых опусканий в большинстве случаев лежит на них согласно. Литологически она представляет собой толщу коричневато-бурых сильно песчанистых глин и суглинков с большим количеством прослоев и линз разнозернистых полимиктовых песков, галечников и щебня. В литохимическом отношении породы вторушкинской свиты близки к павлодарским. Мощность описываемых отложений в Зайсанской впадине достигает 200 *м*. В горных же участках Алтая и Центрально-Казахстанского мелкосопочника она снижается до нескольких метров.

В пределах Западно-Сибирской низменности и особенно в Семипалатинском Прииртышье широко распространены верхнеплиоценовые отложения кочковской свиты (N_2kc^v), которая, возможно, является возрастным аналогом вторушкинской свиты. Сложена она фациально изменчивым комплексом озерных, озерно-аллювиальных и аллювиальных отложений — песками, глинами и суглинками мощностью от нескольких до 100—150 *м*.

СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Четвертичные отложения в Восточном Казахстане широко распространены. Представлены они аллювиальными, озерными, делювиально-пролювиальными, аллювиально-пролювиальными, аллювиально-флювиогляциальными и эоловыми отложениями, слагающими аккумулятивный покров предгорных и межгорных впадин и заполняющими речные долины и межсопочные понижения. В приводораздельных частях высокогорья встречаются ледниковые отложения. Разнообразные по составу и генезису четвертичные отложения согласно местной стратиграфической схеме подразделяются на нижнечетвертичные Q_I (солоновская свита), среднечетвертичные Q_{II} (краснояровская свита), нижне-среднечетвертичные Q_{I-II} (краснодубровская свита), средне-верхнечетвертичные Q_{II-III} (ворская и касмалинская свиты), верхнечетвертичные — современные Q_{III-IV} и современные Q_{IV} отложения.

Нижнечетвертичные отложения (Q_I) широко распространены во впадинах и различного рода депрессиях, в погребенных долинах Иртыша, Убы, Ульбы, Бухтармы и других притоков. На дневную поверхность отложения выходят лишь на незначительных по площади участках у с. Солоновка в долине р. Шульбинки, вблизи с. Убаредмет в долине р. Иртыша и в ряде других мест. Залегают они с нечетко выраженным контактом, реже со следами размыва на осадках вторушкинской свиты и перекрываются грубообломочными отложениями первой половины среднечетвертичного времени. Породы солоновской свиты

имеют делювиально-пролювиальный, аллювиальный, озерно-аллювиальный и озерно-болотный генезис. Делювиально-пролювиальные образования, залегающие на склонах погребенных долин и сопок, представлены коричневато-бурыми карбонатными алевритистыми глинами с включением грубозернистых песков, щебней, дресвы, обломочный материал включений почти не окатан и состоит из местных палеозойских пород Аллювиальные осадки установленные бурением в погребенных долинах, представлены заглинизированными валунно-галечниками, гравием и песками, переслаивающимися с серыми алевритами и алевритистыми глинами Озерно-аллювиальные, озерно-болотные осадки вскрыты бурением в северной части Зайсанской впадины Представлены они темно-серыми и зеленовато-серыми глинами и алевритами, глинистыми песками, обогащенными органикой, а также торфяниками с прослоями и линзами песков Мощность свиты достигает 100 *м* (Чумаков, 1965 *а, б*, Мацуй, 1966)

Среднечетвертичные отложения (Q_{II}) залегают преимущественно в переуглубленных частях речных долин, где достигают мощности 100 *м* и более, и слагают аккумулятизный покров высоких речных террас (район устья р Шульбы в долине р Иртыша, у с Камешки, г Шемонаиха, пос Красный Яр, по р Убе) и «высокие» озерные террасы в северной части Зайсанской впадины На подстилающих четвертичных отложениях красноярковская свита залегает с резко выраженным размывом, перекрывается она фаунистически охарактеризованными лёссовидными суглинками средне-верхнечетвертичного возраста Сложена она грубообломочными сероцветными отложениями аллювиального, озерного и озерно-аллювиального генезиса· хорошо промытыми валунно-галечниками, гравийниками и песчаниками В долинах рек Убы, Ульбы, Бухтармы и их притоков среднечетвертичные аллювиальные отложения представлены преимущественно валунно-галечниками, в долине р Иртыша — гравийно-галечниками, постепенно сменяющимися (ниже г Семипалатинска) гравелистыми песками В районе Семипалатинского Прииртышья на приводораздельных участках распространены близкие к описанным отложения краснодубровской свиты нижнесреднечетвертичного возраста (Q_{I-II}), сложенные в основном суглинками, мелкозернистыми песками, реже супесями мощностью до 50—60 *м*

Средне-верхнечетвертичные отложения (Q_{II-III}) развиты в регионе наиболее широко Этим возрастом датируются покровные отложения смешанного генезиса (рорская свита) и аллювиальные отложения древней долины пра-Иртыша (касмалинская свита Q_{II-III}) Первые маломощным чехлом (от 1—3 до 20 *м*) покрывают водоразделы и их склоны и слагают аккумулятивный покров межгорных впадин (мощностью до 80—150 *м*) Залегают они на среднечетвертичных или более древних отложениях и перекрываются верхнечетвертичными— современными осадками. Во внеледниковых областях предгорий — это полигенетические (преимущественно делювиально-пролювиальные, аллювиально-пролювиальные и эолово-делювиальные) лессовые породы — лессы, лёссовидные суглинки и супеси, которые содержат линзы и прослои гравия, щебня и песка, а также значительное количество углекислого кальция в виде конкреций — «журавчиков» пылевидной вкрапленности, а также заполнения трещин и нитевидных прожилков Аллювиально-пролювиальные, аллювиальные и озерные отложения представлены валунно-галечниками, песками и щебнем, заключающими прослои и линзы лессовидных суглинков В гляциальной среднегорной и высокогорной областях описываемые отложения представлены ледниковыми, флювиогляциальными и солифлюкционными образованиями, состоящими из крупноглыбового материала, дресвянистых суглинков и супесей с вклю-

чением валунов, глыб валунно-галечников и щебней. Характерной чертой отложений этого возраста является то, что независимо от генетических типов пород, слагающих толщу средне-верхнечетвертичных отложений, в составе их отмечается то или иное количество лёссовых пород. Описанная толща достаточно полно охарактеризована остатками фауны млекопитающих хазарского и верхнепалеолитического комплексов (Чумаков, 1965 а, б; Мацуй, 1966).

В Семипалатинском Прииртышье широко распространены песчаные отложения аллювиального генезиса (касмалинская свита), мощность которых достигает 80 *м* и более.

Среднечетвертичные — современные отложения (Q_{II-IV}) распространены в долине р. Иртыша, где они слагают комплекс аллювиальных надпойменных и пойменных террас. Представлены они разнозернистыми песками с гравием и галькой, часто с прослоями супесей и суглинков, реже глин. Мощность их достигает 40—50 *м*.

Верхнечетвертичные — современные отложения (Q_{III-IV}) распространены почти повсеместно. Представлены они аллювиальными и озерными осадками первых надпойменных террас и соответствующими им делювиально-пролювиальными шлейфами. Встречаются также эоловые пески, моренные, солифлюкционные и гравитационные образования этого возраста, причем наиболее развиты аллювиальные и озерные отложения. В составе отложений речных террас четко выделяются русловые и пойменные фации. Первые представлены валунно-галечниками и песками, вторые — гумусированными карбонатными суглинками, обычно с прослоем погребенной почвы. Максимальная мощность отложений не превышает 50 *м*.

Современные отложения (Q_{IV}) представлены разнообразными генетическими типами: в высокогорных районах интенсивное физическое выветривание обусловливает образование огромных масс грубообломочного материала, перемещаемого вниз по склону; ниже верхней границы лёссовидных пород рорской свиты склоны и подножия гор усеяны щебенисто-глыбовыми и дресвяными образованиями. У краев современных ледников отмечаются щебенисто-глыбовые морены, в днищах долин — аллювиально-флювиогляциальные галечники. В долинах рек современный аллювий представлен галечно-валунным материалом (в горных районах) и песками, суглинками (в предгорьях), слагающими поймы и русла рек. В днищах озерных котловин отмечаются илы, илистые суглинки и пески. Большое распространение имеют элювиальные и эоловые образования.

МАГМАТИЗМ

Магматические образования весьма широко распространены на территории Восточного Казахстана, занимают значительные площади и отличаются разнообразием петрографических типов. Излияние и внедрение их происходило в несколько этапов в течение длительного отрезка времени, охватывающего весь палеозой и начало мезозоя.

Иртыш-Зайсанская геосинклинальная зона характеризуется широким развитием андезито-дацитовых, андезито-базальтовых и габбро-диорито-диабазовых формаций в геосинклинальный этап развития региона. Интрузивные комплексы этапа замыкания геосинклинали развиты незначительно. Орогенные этапы характеризуются широким развитием габбро-диорит-гранодиоритовой и гранитной формаций. Эффузивные комплексы андезито-базальтовой формации данного этапа развиваются в связи с крупными разломами в локальных прогибах. К формациям «молодых» платформ пермо-мезозойского возраста отнесены небольшие интрузии субвулканических гранитов, а также силлы ба-

зальтов и трахибазальтов в континентальных отложениях триаса и юры в Центрально-Казахстанском мелкосопочнике.

В Чингиз-Тарбагатайском мегантиклинории и каледонидах Горного Алтая большое распространение получили салаирские габбро-плагиогранитный и гранодиоритовый комплексы, а также таконский гранодиоритовый комплекс. В зонах сочленения с Джунгаро-Балхашской и Иртыш-Зайсанской геосинклиналями развиты герцинские гранитоиды.

Несмотря на большое разнообразие возрастных и генетических типов магматических пород Восточного Казахстана, гидрогеологические свойства их, за исключением гранитоидов, отличающихся сравнительно повышенной трещиноватостью, довольно однообразны.

ТЕКТОНИКА

Территория Восточного Казахстана прошла весьма длительный и сложный путь геологического развития. В связи с этим она характеризуется структурно-тектонической неоднородностью. Исходя из того, что современные гидрогеологические процессы определяются как характером палеозойских и допалеозойских структур и древнего рельефа, так и проявлением молодой тектоники, структурное районирование Восточного Казахстана проведено отдельно по палеозойскому складчатому основанию и молодым структурам.

Структуры палеозойского складчатого основания. В основу структурно-тектонического районирования палеозойского складчатого основания (рис. 15) принят возраст тектонических движений, в результате которых произошла консолидация подвижных геосинклинальных областей и превращение их в платформы. (Описание структур приводится по данным В. П. Нехорошева, Р. А. Борукаева, Н. А. Афоничева, Г Ф. Яковлева, Н. Л. Бубличенко, П. Ф. Иванкина, В. С. Кузебного, Э. К. Шугрина и др.)

Наиболее древними структурами Восточного Казахстана являются каледониды антиклинорных зон Алтая и Чингиз-Тарбагатая. В их пределах представлены два структурных яруса: синийско-кембрийский и верхнекембрийско-силурийский. Каледонские структуры сложены терригенными породами нижнепалеозойского возраста, в значительной степени метаморфизованными и дислоцированными и разбитыми разломами на отдельные глыбы, перемещенные относительно друг друга. В начале формирования нижнего структурного яруса интенсивно проявился основной вулканизм.

Между каледонидами Алтая и Чингиз-Тарбагатая простираются герциниды Иртыш-Зайсанской геосинклинальной зоны. С юго-запада к Чингиз-Тарбагатаю примыкают герциниды Джунгаро-Балхашской геосинклинальной зоны. В пределах указанных геосинклинальных зон сформированы два верхних структурных яруса палеозоя: девон-каменноугольный и верхнепалеозойский. Для времени формирования девон-каменноугольного структурного яруса характерны проявление интенсивной вулканической деятельности и морской режим осадконакопления. Начало формирования последнего, верхнепалеозойского структурного яруса знаменует собой замыкание геосинклинального цикла развития Восточного Казахстана и образование складчатых зон на месте Зайсанской и Джунгаро-Балхашской геосинклиналей. В дальнейшем осадконакопление здесь происходило в континентальных и субконтинентальных условиях.

Основой создания структурного плана Восточного Казахстана с самого начала геосинклинального развития этой территории явля-

лись неравномерные глыбовые перемещения разбитого разломами докембрийского фундамента В связи с этим здесь получила широкое развитие система долгоживущих глубинных разломов и зон смятия, характерными особенностями которых являются их северо западная ориентировка и развитие вдоль них интенсивной рассланцованности и из-

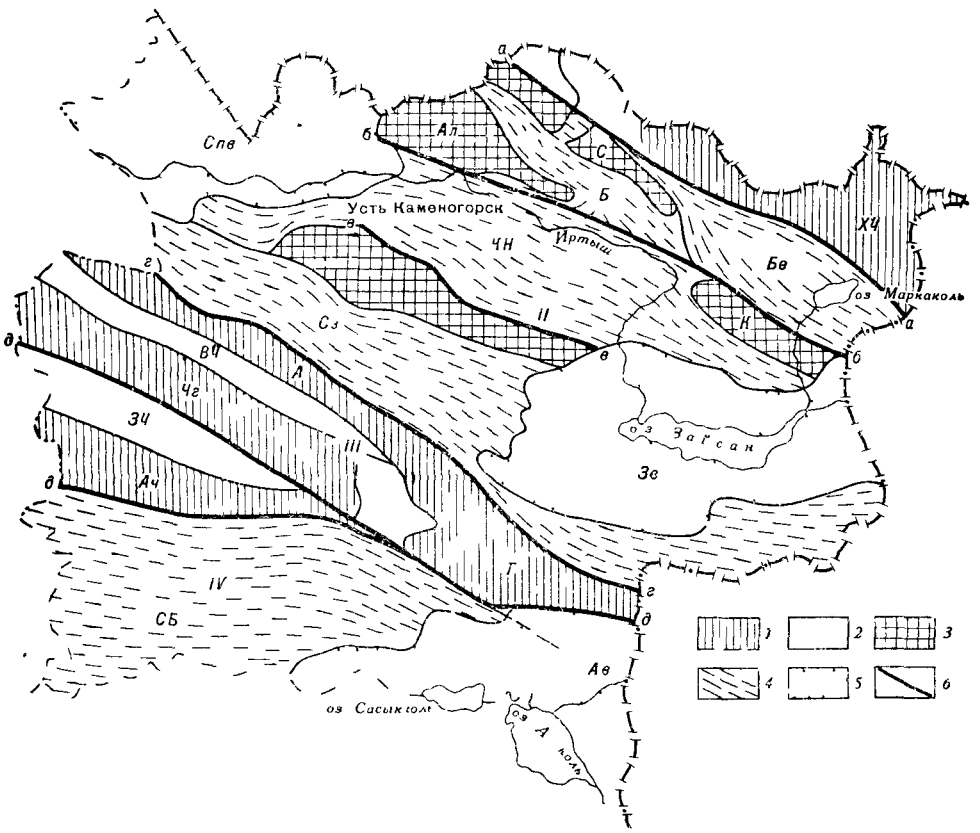


Рис 15 Схема основных структур палеозоя Восточного Казахстана (составил В С Ерофеев по материалам Н А Афоничева Р А Борукаева, П Ф Иванкина В П Нехорошева Г Ф Яковлева)

Каледонские антиклинорные зоны *I* Алтайская *II* — Иртышско Зайсанская *III* — Чингиз Тарбагатайская В их пределах *1* — антиклинории *ХЧ* — Холзунско Чуйский *А* — Аркалыкский *Чг* — Чингизский *Ач* — Акчатауский *Т* Тарбагатайский *2* — синклинории *ВЧ* — Восточно Чингизский *ЗЧ* — Западно Чингизский Герцинские синклинорные зоны *IV* — Джунгаро Балхашская В их пределах *3* — антиклинории *Ал* — Алтайский *С* — Синюшинский *К* — Курчумский *Ч* — Чарский *4* — синклинории *Б* — Бегенчинский *Бе* — Белоубинский *КН* — Калба Нарымский *Сз* — Сарсазанский (Сауро Жарминский) *СБ* — Северо Балхашский *5* — каинозойские межгорные прогибы впадины *Зв* — Зайсанская *Ав* Алакольская *Спв* — Семипалатинско Прииртышская *6* — главнейшие разломы и зоны смятия *аа* — Северо Восточная *бб* — Иртышская *вв* — Чарская *гг* — Иртыш Зайсанская *дд* Балхаш Чингизская

менности пород В направлении с северо-востока на юго-запад выделяются следующие зоны глубинных разломов Северо-Восточная, Иртышская, Чарская, Иртыш Зайсанская и Балхаш Чингизская (Аягуз-Урджарская) Кроме перечисленных систем региональных глубинных разломов разбита густая сеть менее значительных нарушений и зон смятия, ответвляющихся от основных разломов и простирающихся параллельно им или в других направлениях

Каледонские складчатые сооружения *Холзунско-Чуйский антиклинорий* входит в систему каледонид Горного Алтая и отделен от Иртыш-Зайсанской геосинклинали Северо-Восточной зоной

смятия. Структура представляет собой комплекс линейных складок северо-западного простирания, выполненных отложениями ордовикского и силурийского возраста. Большое распространение имеют продольные разломы северо-западного простирания. Значительно развиты интрузивные образования, подразделяющиеся на несколько возрастных комплексов.

Чингиз-Тарбагатайский мегантиклинорий является основной каледонской структурой Восточного Казахстана, где широко развиты кембрийские, ордовикские и силурийские отложения, смятые в узкие, сильно напряженные, местами изоклинальные складки. Господствующее простирание осей складок и разломов северо-западное, в юго-восточной части — широтное. В пределах мегантиклинория выделяется ряд крупных структур.

Чингизский антиклинорий представляет собой центральную структуру Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория, ограниченную с юго-запада и северо-востока крупными разломами, подновленными альпийскими движениями. В ядре структуры обнажаются отложения синия и нижнего кембрия, интенсивно метаморфизованные и смятые в узкие прямолинейные складки. Крылья сложены породами среднего — верхнего кембрия и ордовика.

Аркалыкский антиклинорий расположен севернее Чингизского антиклинория. Ядро структуры сложено синийскими и нижнекембрийскими образованиями, смятыми в узкие прямолинейные складки. На крыльях антиклинория и в местах погружения его оси дислокации проявились менее интенсивно.

Акчатауский антиклинорий расположен южнее Чингизского антиклинория. Структура разделена Сулу-Чокинской грабен-синклиналью на две антиклинали первого порядка — южную Акбастаускую и северную Акчатаускую, в ядрах которых обнажаются синийские и нижнекембрийские отложения. Развитые в Сулу-Чокинской грабен-синклинали силурийские образования смяты складчатостью второго, третьего и более высоких порядков.

Западно-Чингизский синклинорий, представляющий собой сложно построенную моноклинальную структуру, наклоненную на юго-запад, расположен между Чингизским и Акчатауским антиклинориями. В связи с особенностью строения структуры наиболее древние (среднекембрийские) отложения обнажаются на северо-восточном ее крыле и в юго-западном направлении постепенно погружаются под более молодые верхнекембрийские, ордовикские и силурийские отложения. Моноклиналь осложнена складками второго, третьего и более высоких порядков. Заметную роль в строении прогиба играют наложенные девонские мульды.

Восточно-Чингизский синклинорий разделяет Чингизский и Аркалыкский антиклинории. Ось синклинория в центральной части испытывает поднятие, в связи с чем обнажаются древние сильно дислоцированные породы телескольской свиты нижнего кембрия. Крылья структуры сложены ордовикскими отложениями, смятыми в узкие складки.

Герцинские складчатые сооружения. Центральную полосу Восточного Казахстана занимают герциниды Иртыш-Зайсанской геосинклинальной зоны, в пределах которой выделяется ряд крупных структур.

Алейский антиклинорий расположен в северо-западной части Рудного Алтая. Ядро структуры сложено метаморфическими породами нижнего палеозоя, дополнительно смятыми в ряд более мелких брахиантиклинальных складок меридионального и реже широтного простираний. Крылья антиклинория сложены преимущественно отложениями

верхнего девона и нижнего карбона, они также осложнены складками более мелких порядков. Структура в целом нарушена разнообразными по возрасту, морфологии и генезису разрывными нарушениями.

Синюшинский антиклинорий расположен в центральной части Рудного Алтая. В строении его принимают участие породы каледонского и герцинского структурных этажей. В составе антиклинория выделяется несколько крупных брахиантиклиналей северо-западного простирания, разделенных поперечными синклиналями. Ядра брахиантиклиналей сложены метаморфическими породами нижнего палеозоя. На крыльях обнажены эйфельские вулканогенно-осадочные отложения. Большое распространение имеют разрывные нарушения северо-западного простирания.

Алейский и Синюшинский антиклинории разделены *Быструшинским синклинорием*. Северо-западная часть синклинория состоит из нескольких брахискладок северо-западного простирания. Синклинорий имеет в поперечном разрезе асимметричное строение: пологое юго-западное крыло и крутое северо-восточное. Пологое крыло осложнено брахиантиклиналями типа структурных носов.

Белоубинский синклинорий примыкает с юго-запада к Холзунско-Чуйскому антиклинорию, от которого отделен Северо-Восточной зоной смятия. В северо-западной части синклинория существенное значение приобретают девонские образования, а на юго-восточном погружении большое развитие получают и нижнекаменноугольные отложения. Эта крупная структура сложена складками второго, третьего и более высоких порядков, простирающихся параллельно основному направлению складчатости.

С юго-запада Белоубинский синклинорий граничит с узким, вытянутым в северо-западном направлении поднятием, получившим наименование *Курчумского антиклинория*. Последний с северо-востока и юго-запада ограничен глубинными разломами Иртышской зоны смятия.

Калбы-Нарымский синклинорий занимает осевую часть Иртыш-Зайсанской геосинклинальной зоны. От северо-восточной краевой части зоны его отделяет Иртышский глубинный разлом. Большая часть площади Калба-Нарымского синклинория сложена черносланцевой аспидной формацией верхнедевонского — нижнекаменноугольного возраста (такырской свитой и сменяющей ее юго-западнее флишоидной, преимущественно песчаной формацией нижнего карбона). Более древние, среднедевонские отложения представлены лишь в узкой полосе Иртышской зоны смятия. Для Калба-Нарымского синклинория в целом характерны вытянутая в северо-западном направлении складчатость «челночного типа» и многочисленные продольные разломы северо-западного направления. Из разломов других направлений большое развитие получают широтные.

Чарский антиклинорий расположен между Калба-Нарымским и Сарсазанским (Саур-Жарминским) синклинориями. С северо-востока он ограничен Чарским, а с юго-запада — Зайсанским глубинными разломами. В ядерной части структуры на дневную поверхность выходят отложения силура и нижнего девона, смятые в крутые складки. В северо-западном направлении осевая линия антиклинория погружается, и здесь развиваются наложенные прогибы визейского возраста.

Сарсазанский (*Саур-Жарминский*) синклинорий отделен от Чингиз-Тарбагатайского геоантиклинория Иртыш-Зайсанским глубинным разломом. Крылья описываемой структуры сложены отложениями нижнего визе. Более древние отложения, относимые к девону, выведены на дневную поверхность только в тектонических блоках. Осевая часть синклинория сложена отложениями верхнего визе — нижнего

намюра Весь этот комплекс интенсивно дислоцирован, образуя складки различных порядков Простирание складчатости и разрывных нарушений в целом северо-западное В постнижненамюрское время в пределах Сарсазанского синклинория получили широкое развитие наложенные прогибы, выполненные континентальными и субконтинентальными отложениями верхнего палеозоя

Структуры Джунгаро-Балхашской геосинклинальной зоны занимают краинюю юго-западную часть территории Восточного Казахстана С каледонидами Чингиз-Тарбагатайской зоны они граничат по Балхаш-Чингизскому глубинному разлому. Часть описываемои зоны, входящую в пределы Восточного Казахстана в виде Северо-Балхашского синклинория, Н А. Афоничев (1960) относит к Токрау-Алакульской структурно-фациальной зоне В пределах последней существенное развитие приобретают эффузивно-туфогенные образования среднего и верхнего палеозоя Породы девона и нижнего карбона обычно смяты в брахискладки, нередко в линейные складки с крутым падением крыльев. Верхневизейские и намюрские образования, залегающие резко несогласно на более древних породах, отличаются сравнительно спокойным залеганием и образуют относительно пологие брахискладки

Структуры мезозойского возраста. На описанные структуры каледонско-герцинского складчатого основания в ряде мест наложены более молодые структуры, сформированные в мезозойский этап геологического развития территории Они получили весьма ограниченное распространение и известны только в пределах Чингизского антиклинория, в восточных частях Сарсазанского синклинория и Тарбагатаиского антиклинория, в Быструшинском синклинории и в других местах В Чингизском антиклинории мезозойские структуры представлены небольшими по размерам (8—12 *км*) наложенными пологими мульдами, выполненными юрскими угленосными отложениями Борта мульд часто осложнены разломами В пределах Сарсазанского синклинория и Тарбагатайского антиклинория мезозойские мульды частично развиваются унаследованно на верхнепалеозойских структурах Ярким примером этому служит Кендерлыкская мульда, где мезозойские отложения с видимым согласием залегают на верхнепалеозойских породах и смяты с ними в единую синклинальную структуру северо-западного простирания. Южное крыло структуры пологое (30°), а северное крыло, имея опрокинутое залегание, так же, как и южное, падает на север-северо-восток под углом 60° Восточная граница мульды срезана разломом По-видимому, близкий к описанному характер имеет и внутренняя структура Чиликтинской впадины Тарбагатайского антиклинория, к настоящему времени еще плохо изученная

В восточной части Сарсазанского синклинория согласно геофизическим данным устанавливаются довольно крупные (80×15, 60×20 *км*) прогибы — мульды, выполненные верхнепалеозойскими и частично мезозоискими отложениями. Они погребены под мощной (до 2000 *м*) толщеи каинозойских осадков Зайсанской впадины. Более подробное описание этих прогибов дано в следующем подразделе.

Описанные структуры мезозойского возраста В. П Нехорошев (1966) отнес к альпийскому циклу тектогенеза Однако, согласно последним данным (В С Ерофеев), альпийский цикл тектогенеза в Восточном Казахстане и на Алтае начался значительно позже (в эоцене) и отделен во времени от мезозойских тектонических движений довольно продолжительной эпохой тектонического покоя и выравнивания рельефа

Альпийские тектонические структуры. Территория Восточного Казахстана в альпийский цикл тектогенеза развивалась не

изолированно, а на фоне более крупной геоструктуры, получившей наименование *Альпийской геотектонической системы Алтая* (рис. 16). В пределах последней выделяются три крупнейшие тектонические структуры первого порядка: Алтайское сводовое поднятие (Алтайский свод), Предалтайский прогиб и Внешняя цепь поднятий Алтая.

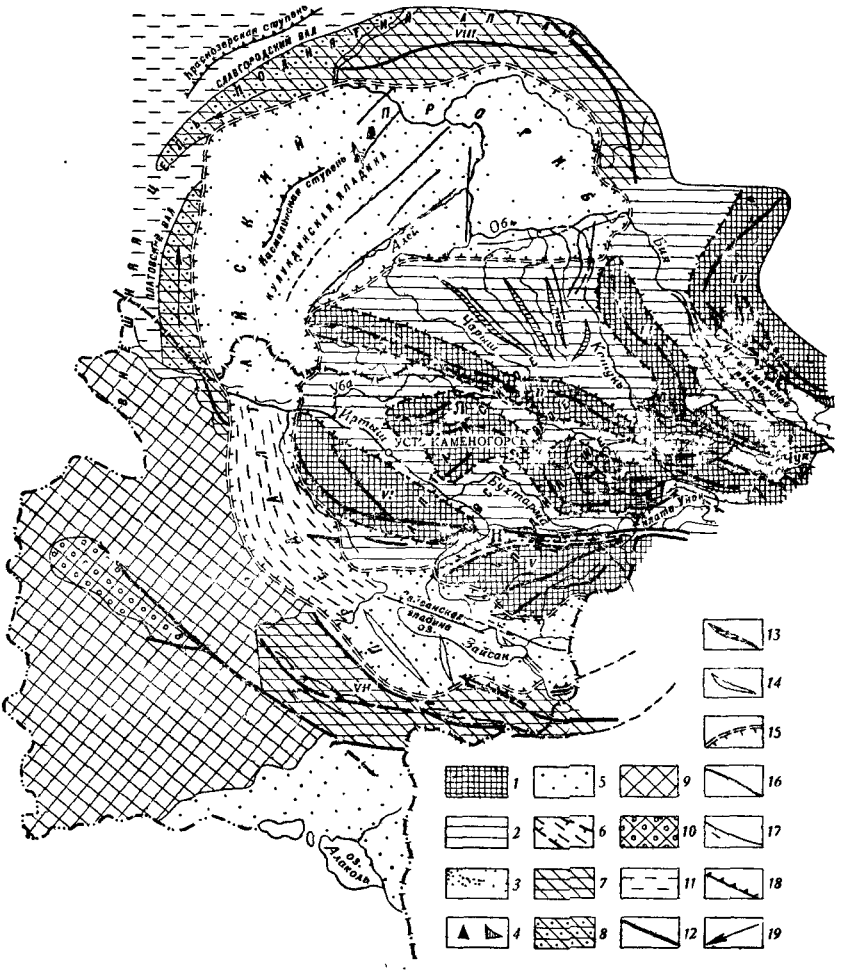


Рис. 16. Схема альпийской тектонической структуры Алтая (составил В. С. Ерофеев)

Структуры Алтайского сводового поднятия: *1* — активизированные тектонические зоны; *2* — относительно стабильные тектонические зоны; *3* — приразломные прогибы (впадины), выполненные кайнозойскими отложениями; *4* — грабены, выполненные грубообломочными континентальными отложениями верхнего палеозоя и мезозоя. Структуры Предалтайского прогиба: *5* — крупные прогибы (впадины), выполненные континентальными и частично морскими кайнозойскими отложениями (мощностью до 2000 *м*); *6* — Чарско-Семипалатинская структурная перемычка — область воздымания оси Предалтайского прогиба с выходами на дневную поверхность пород палеозойского фундамента. Структуры внешней цепи поднятий Алтая: *7* — узкие вытянутые системы ундирующих сводово-глыбовых поднятий; *8* — погруженные под кайнозойский осадочный покров сложно построенные системы сводовых поднятий — валы и структурные выступы. Структура эпипалеозойской платформы: *9* — юго-восточный склон Центрально-Казахстанского мелкосопочника (эпипалеозойский щит); *10* — слабо активизированные поднятия в пределах Казахского эпипалеозойского щита; *11* — область опускания южной зоны Западно-Сибирской низменности. Структуры более мелких порядков и элементы структур: *12* — осевые линии антиклинорных поднятий активизированных тектонических зон; *13* — осевые линии антиклинорных поднятий относительно стабильных тектонических зон; *14* — осевые линии антиклинорных поднятий, погруженных под кайнозойский покров Зайсанской впадины; *15* — граница Предалтайского прогиба; *16* — региональные разломы древнего заложения, интенсивно подновленные альпийскими тектоническими движениями; *17* — альпийские и подновленные альпийскими движениями разломы; *18* — уступы палеозойского фундамента впадин, погребенные под кайнозойскими отложениями; *19* — активизированные тектонические зоны: *I* — Катунская, *II* — Теректинская, *III* — Курайская, *IV* — Шапшальская, *V* — Южно-Алтайская, *VI* — Калбинская, *VII* — Саур-Тарбагатайская, *VIII* — Салаирская. Приразломные впадины: *Н* — Нарымская, *Л* — Лениногорская

Центральной структурой всей системы является Алтайское сводовое поднятие, которое в плане представляется в форме веера (или пучка) структур, развернутого в северо-западном направлении. Центральная наиболее поднятая часть свода расположена непосредственно к северо-востоку от описываемой территории Абсолютные отметки в центральной части свода изменяются в пределах 3800—4000 *м* и выше По периферии структуры они уменьшаются до 700—500 *м* Алтаиское сводовое поднятие осложнено структурами второго порядка, которые выделяются как активизированные и относительно стабильные тектонические зоны

Активизированные тектонические зоны представляют собой линенно или пучкообразно виргирующие сводовые, сводово-глыбовые и глыбовые поднятия, морфологически выраженные в виде систем или цепеи хребтов Их первичная тектоническая структура, в основе своеи сводового и сводово-глыбового характера, значительно затушевана эрозионно-денудационными процессами

Описываемые тектонические зоны Алтая являются одновременно и основными его орографическими системами, играющими роль водоразделов крупнейших алтайских рек

Относительно стабильные тектонические зоны Алтая представляют собой участки эпигерцинской платформы, слабо переработанные альпиискими тектоническими движениями Они участвуют в общей сводовои структуре Алтая, иногда подняты до высоты более 2000 *м* (например, плато Укок) Геоморфологически выражены в виде расчленяющихся плоскогорий, зачастую со значительными по площади реликтами древней поверхности выравнивания.

С описанными региональными структурами Алтайского сводового поднятия согласуются простирания и крупнейших альпийских разломов, в большинстве случаев унаследованных от более ранних эпох Последние радиально расходятся от центра поднятия свода к периферии и в плане, подобно активизированным зонам, имеют форму веера (или пучка) Одним из региональных молодых разломов на территории Восточного Казахстана является Нарымский разлом Вдоль него произошло вертикальное поднятие Нарымского хребта, в результате чего был сформирован уступ высотой от нескольких сотен до 1500—2000 *м* Нарымский разлом в широтном направлении выходит за пределы Южного Алтая, обусловив формирование ряда тектонических уступов по южной окраине Калбинского поднятия От крупных тектонических нарушении ответвляется система оперяющих разломов, большинство которых, по-видимому, также является унаследованными (омоложенными) Молодые и древние, но омоложенные альпийскими движениями разломы имеют большое значение для гидрогеологии, так как, сопровождаясь интенсивной открытой трещиноватостью горных пород, они являются хорошими коллекторами подземных вод

В эпоху альпийской орогении проявилась и еще одна унаследованная тенденция у региональных структур вдоль определяющих их разломов — формирование вдоль них пришовных прогибов, выполненных каинозоискими осадочными отложениями Геоморфологически они выражены в виде межгорных впадин различных размеров и конфигураций Однако внутренняя их структура в общем однотипна: один борт крутои и короткий, осложнен взбросом или взбросо-надвигом (Лениногорская впадина), а другой — длинный и пологий. Максимальные погружения фундамента и мощности выполняющих впадину осадков сдвинуты к крутому борту, т е поперечный профиль впадин асимметричен. На территории Восточного Казахстана к таким структурам отнесены Нарымо-Бухтарминская, Лениногорская, Бобровская и ряд

других более мелких впадин Подобного рода впадины весьма характерны для многих сводовых областей Союза и детально описаны Н А Флоренсовым (1960) как одна из разновидностей впадин байкальского типа

С севера, северо-запада, юго-запада и юга Алтайское сводовое поднятие граничит со столь же крупной молодой отрицательной структурой, получившей наименование *Предалтайского прогиба*, имеющего подковообразную форму, обращенную выпуклой (внешней) стороной к западу Фундамент его сложен на большей части площади герцинидами В качестве структур второго порядка в пределах Предалтайского прогиба выделяются Кулундинская впадина, Чарско-Семипалатинская структурная перемычка, Зайсанская впадина

Кулундинская впадина занимает всю северо-западную и северную части Предалтайского прогиба (см рис 16) и входит в пределы Восточного Казахстана только южным краем Впадина выполнена рыхлыми кайнозойскими и на отдельных участках мезозойскими отложениями В Семипалатинском Прииртышье мощность их изменяется от нескольких десятков до 150—200 *м*.

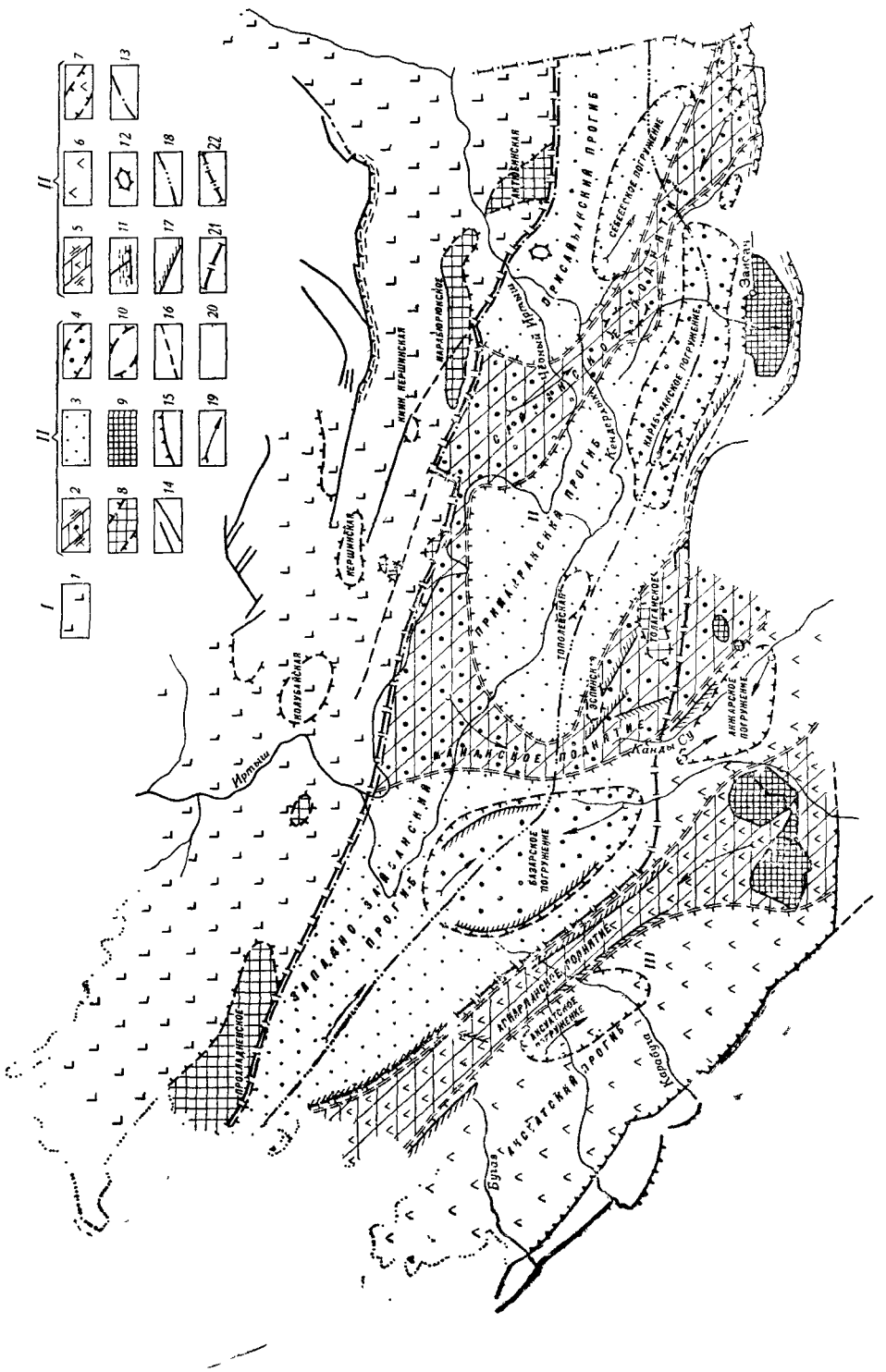
Чарско Семипалатинская структурная перемычка — это область воздымания оси Предалтайского прогиба с выходами на дневную поверхность пород палеозойского фундамента Учитывая только современную морфоструктуру, эту часть прогиба скорее всего можно отнести к Центрально Казахстанскому мелкосопочнику Однако здесь сохранились характерные черты недавней области опускания, соединявшей в верхнем неогене в единую отрицательную структуру Кулундинскую и Зайсанскую впадины На это прежде всего указывает погребенная под красноцветными отложениями неогена древняя речная сеть

Зайсанская впадина приурочена к области глубокого погружения оси Предалтайского прогиба В пределах впадины выделяются два структурных этажа сложнодислоцированный нижне-среднепалеозойский фундамент и пластичный осадочный покров молодых отложений, имеющих различную мощность На молодые тектонические движения палеозойский фундамент реагирует формированием пологих складчато-глыбовых структур различных порядков Пластичный осадочный покров молодых отложений в большинстве случаев играет пассивную роль экрана, на котором отражаются блоково-складчатые движения палеозойского фундамента По характеру тектонических структур, мощности осадочного покрова и стратиграфической полноте его Зайсанская впадина подразделяется на три тектонические зоны (рис 17)

Северо-Восточная краевая тектоническая зона расположена между областью поднятия Южного Алтая на севере и областью глубокого опускания палеозойского фундамента Центральной зоны на юге Эта региональная структура простирается в северо-западном направлении на 250 *км* при ширине от 30 до 60 *км*. Фундамент Северо-Восточной зоны сложен интенсивно дислоцированными отложениями нижнего — среднего карбона, прорванными интрузиями гранитоидов Мощность молодого осадочного покрова в пределах описываемой зоны изменяется от 100 до 500 *м* В составе его основное участие принимают отложения палеогена Залегание пород осадочного покрова в целом относительно спокойное, только в ряде мест намечаются антиклинальные и горст антиклинальные отраженные складки различных размеров и конфигурации В ядре некоторых горст-антиклинальных складок и брахискладок обнажены породы палеозойского фундамента Интенсивное смятие пород молодого осадочного покрова (в форме крутопадающих моноклиналей) наблюдается только вдоль северо-восточной границы зоны с областью поднятия Южного Алтая Морфологически эта граница выра-

жена в виде резкого крутого уступа взбросо-надвигового характера с амплитудой от 100 до 700—800 *м*, получившего наименование Южного Фаса Алтая.

Центральная тектоническая зона представляет собой наиболее опущенную часть Зайсанской впадины, которая в течение всего кайно-



зоя (а частично и в мезозое и в верхнем палеозое) являлась устойчивой областью прогибания. Простирается она в северо-западном направлении на 240 *км* при средней ширине 45 *км*. С северо-востока зона ограничена Зайсанским региональным разломом древнего заложения, интенсивно подновленным альпийскими тектоническими движениями. Амплитуда молодых подвижек по разлому изменяется от 200 до 1000 *м*. Центральная тектоническая зона осложнена структурами второго порядка — валообразными поднятиями и прогибами, особенностью которых является их диагональная ориентировка к оси тектонической зоны в целом. Верхний структурный этаж зоны (молодой осадочный покров) подразделяется здесь на два подэтажа. Нижний подэтаж сложен полого дислоцированными отложениями верхнего палеозоя и мезозоя. Последние получили распространение в наиболее опущенных участках прогибов и установлены только по геофизическим данным. Мощность данного структурного подэтажа еще не выяснена. Верхний структурный подэтаж сложен очень слабо дислоцированными отложениями кайнозоя, максимальная мощность которых 2000 *м*. Интенсивная дислоцированность палеоген-неогеновых отложений наблюдается только вдоль границы Центральной зоны с областью поднятия Саур-Тарбагатая, где эта граница осложнена системой многоамплитудных взбросо-надвигов.

Юго-Западная краевая тектоническая зона Зайсанской впадины вытянута в северо-западном направлении на 180 *км* при средней ширине 40 *км*. Характеризуется она неглубоким неравномерным опусканием палеозойского фундамента и относительно изменчивой мощностью кайнозойского осадочного покрова (от 100 до 800 *м*). В наиболее опущенных участках прогибов, возможно, присутствуют отложения верхнего палеозоя — мезозоя.

По периферии альпийской геотектонической системы Алтая развивается еще одна крупная кольцевая (дугообразная) структура, которая получила наименование *Внешней цепи поднятий Алтая* (см. рис. 17). Формирование этой крупнейшей структуры, соизмеримой по масштабам с Предалтайским прогибом, по-видимому, еще не закончено, что выражается в разобщенности (прерывистости) ее отдельных звеньев.

В южной части Внешней цепи поднятий Алтая выделяется высокое узкое, вытянутое в субширотном направлении Саур-Тарбагатайское сводовое поднятие. В плане оно имеет форму отрезка дуги большого радиуса, обращенной выпуклой стороной к югу (см. рис. 17). Саур-Тарбагатайское поднятие осложнено системой более мелких структур,

---

Рис 17. Тектоническая карта Зайсанской впадины (составил В С Ерофеев)

I(1) — Северо Восточная краевая тектоническая зона, характеризующаяся малой мощностью кайнозойского осадочного покрова (100—150 *м*) *II* — Центральная тектоническая зона, характеризующаяся большой мощностью кайнозойского осадочного покрова (до 2000 *м*) В ее пределах *2* — валообразные поднятия, характеризующиеся сокращенной мощностью кайнозойского осадочного покрова; *3* — прогибы, характеризующиеся увеличенной мощностью кайнозойского осадочного покрова; *4* — наиболее погруженные участки прогиба *III* — Юго Западная краевая тектоническая зона, характеризующаяся изменчивой мощностью кайнозойского осадочного покрова (100—800 *м*) В ее пределах *5* — валообразные поднятия с относительно сокращенной мощностью кайнозойского осадочного покрова, *6* — прогибы с увеличенной мощностью кайнозойского осадочного покрова, *7* — наиболее погруженные части прогибов

Структуры более мелких порядков *8* — антиклинальные и горст антиклинальные складки, в ядре которых обнажены породы палеозойского фундамента, *9* — горстовые глыбы, сложенные породами палеозойского фундамента, *10* — брахиантиклинальные складки палеоген неогенового осадочного покрова, *11* — зоны интенсивных дислокаций (крутопадающих моноклиналей) палеоген-неогенового осадочного покрова во фронтальных частях надвигов *12* — куполовидные складки, *13* — Зайсанский региональный разлом древнего заложения интенсивно подновленный альпийскими тектоническими движениями, *14* — альпийские и подновленные альпийскими движениями разломы, *15* — взбросо-надвиги, *16* — разломы, прослеживающиеся под чехлом четвертичных отложений, *17* — ступени в палеозойском фундаменте, погребенные под кайнозойскими отложениями

Элементы структур и прочие знаки *18* — осевая линия центрального Зайсанского прогиба *19* — направления склонения осей структур, *20* — граница Зайсанской впадины; *21* — границы структурно тектонических зон, *22* — государственная граница

кулисообразно виргирующих в широтном и северо-западном направлениях. Горст-антиклинорные структуры выражены в рельефе в виде хребтов (Саур, Манрак, Сайкан и др.), а синклинорные — в виде впадин и пологих депрессий (Чиликтинская, Кобукская).

Западная и юго-западная части территории Восточного Казахстана — Центрально-Казахстанский мелкосопочник — располагаются в пределах Казахского эпипалеозойского щита, где альпийские движения проявились весьма незначительно.

Более или менее активным участком здесь является пологое Чингизское сводово-глыбовое поднятие. Оно простирается в северо-западном направлении и осложнено разломами, по которым в ряде мест произошли блоковые подвижки. Основная часть разломов относится к категории омоложенных, они были заложены в палеозойское и допалеозойское время.

Крайнюю южную часть территории Восточного Казахстана занимает Алакульский прогиб-впадина. Северо-восточный борт впадины осложнен Аягуз-Урджарским разломом, а юго-западный — Главным Джунгарским и Баканасским разломами. Наиболее опущенными являются центральная и юго-восточная части впадины, где мощность кайнозойских отложений достигает 900—1000 *м*, а возможно, и более. По ряду признаков Алакольская впадина продолжает погружаться в настоящее время.

Часть вторая

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Глава IV

ОБЩИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ПРИНЦИПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Территория Восточного Казахстана, пережившая сложную историю развития, отражением которой в наши дни является разнообразие геологического строения и ландшафтных обстановок, отличается значительной изменчивостью гидрогеологических условий. Основными факторами, влияющими на их формирование, являются в первую очередь особенности структурно-тектонического плана, климат, рельеф и литолого-минеральный состав горных пород, слагающих район.

Структурно-тектонической особенностью территории, определяющей характер накопления, движения и разгрузки подземных вод, является наличие, с одной стороны, палеозойских горноскладчатых сооружений Алтая и Центрально-Казахстанского мелкосопочника, а с другой — сопряженной с ними южной части Западно-Сибирской эпигерцинской плиты и наложенных на горноскладчатые сооружения молодых альпийских межгорных впадин. Гидрогеологическое различие этих частей территории заключается в том, что в пределах горноскладчатых сооружений, занимающих бо́льшую часть территории Восточного Казахстана, развиты преимущественно безнапорные трещинные воды неглубокой циркуляции, приуроченные в основном к зоне активной трещиноватости пород, и трещинно-жильные воды, связанные с зонами тектонических разломов. В пределах же Западно-Сибирской плиты, которая входит в описываемый район узкой впадиной Семипалатинского Прииртышья, представляющей собой краевую часть крупного артезианского бассейна, так же как в артезианских бассейнах, приуроченных к замкнутым межгорным впадинам, распространены в основном пластово-поровые напорные воды осадочного чехла.

Своеобразие климата — резко континентального, с весьма неравномерным распределением осадков как по площади, так и по временам года, со значительными для большей части территории величинами испарения — создает неравномерные условия для питания подземных вод. Наиболее благоприятные условия создаются в высокогорных районах Алтая, обращенных на север и восток в сторону влажных ветров; значительно худшими и в общих чертах неблагоприятными условиями характеризуются огромные пространства Казахстанского мелкосопочника и, наконец, весьма неблагоприятные условия для питания подземных вод создаются в защищенных горными хребтами межгорных впадинах.

Разнообразие рельефа — от высокогорий до мелкосопочника и плоских предгорных и межгорных равнин — приводит к различию в формировании поверхностного и подземного стока, в степени активности гидрогеологических процессов и в характере водообмена. Так, в высокогорных районах преобладает в основном поверхностный сток, в среднегорье и низкогорье интенсивно формируется подземный сток в условиях свободного водообмена, на мелкосопочных равнинах под-

земный сток и процессы водообмена замедлены, а межгорные впадины характеризуются замедленным и застойным гидродинамическим режимом.

С литолого-минеральным составом пород, слагающих описываемый район, связаны их фильтрационные и коллекторские свойства, расчленение гидрогеологического разреза на водосодержащие и водоупорные толщи, активность гидродинамических процессов, формы и характер скопления подземных вод, их минерализация и состав.

Тесное взаимодействие всех перечисленных природных факторов создает ту своеобразную картину гидрогеологических условий, которая для Восточного Казахстана в общих чертах рисуется следующим образом.

Северо-восточная часть территории, занятая Алтае-Саянской горной системой, является по существу единой гидрогеологической областью распространения в основном трещинных вод. Сложена она разновозрастными палеозойскими породами различного состава и генезиса, смятыми в складки и разбитыми разломами на многочисленные блоки разных размеров. Неоднократное участие в эпохах тектогенеза, основными среди которых являлись сформировавшие современный структурный план каледонская и герцинская, привело к сильной метаморфизации пород и потере ими первичных фильтрационных свойств, связанных с пористостью и пустотностью. Наложенные процессы выветривания, физического и химического разрушения привели к созданию на поверхности обнаженных пород зоны активной трещиноватости мощностью в несколько десятков, в редких случаях сотен метров, которая и является основным коллектором формирующихся в настоящее время подземных вод. Подземные воды зоны трещиноватости безнапорные, гидравлически связаны между собой и движутся от наиболее повышенных частей рельефа к местным и региональным базисам стока Высоко- и среднегорный рельеф, хорошая обнаженность, сильная расчлененность его и обилие осадков создают своеобразные гидрогеологические условия; здесь в основном осуществляется активный поверхностный сток, подземный сток характеризуется крайне короткими путями фильтрации и обильной разгрузкой в виде многодебитных родников. Очень сильная дренированность горных пород приводит к отсутствию стока на значительных площадях, занимающих наиболее высокое гипсометрическое положение. Подземные воды ультрапресные, в основном гидрокарбонатного кальциевого состава; изменение их свойств подчиняется ландшафтно-климатической зональности

На фоне общих закономерностей могут быть выделены отдельные части территории, отличающиеся некоторыми особенностями, сказывающимися в основном на формировании естественных ресурсов подземных вод. Так, здесь выделяются Горно-Рудный Алтай, Южный Алтай и Калбинский массив. В Горно-Рудном Алтае, получающем максимальное количество атмосферных осадков, активно формируется поверхностный сток в виде многоводных рек, направленных к региональному своему базису р. Иртышу; подземный сток отличается крайне короткими путями транзита и весьма обильной повсеместной разгрузкой в местах базиса стока — понижениях рельефа; воды ультрапресные.

Южный Алтай отличается тем, что здесь наряду с уменьшением количества атмосферных осадков несколько уменьшается активность водообмена, подземный сток, отличающийся увеличением путей фильтрации, в основном направлен к Зайсанской впадине и р. Иртышу, которые являются для Южного Алтая региональными базисами стока. Местная разгрузка заметно уменьшается, а минерализация подземных вод несколько повышается.

Калбинский горный массив резко отличается от всей Алтае-Саянской горной системы пониженной степенью увлажнения Поверхностный сток в виде маловодных рек играет значительно меньшую роль, чем в остальных частях этой горной системы, подземный сток отличается еще более длинными путями транзита и направлен к двум базисам на север к р Иртышу и на юг к Зайсанской впадине Минерализация подземных вод увеличивается

Значительную часть территории Восточного Казахстана занимает Центрально Казахстанский мелкосопочник, представляющий собой гидрогеологическую область распространения трещинных вод с системой межгорных артезианских бассейнов Своеобразие этой области заключается в том, что она, сформированная в основном в эпоху каледонского тектогенеза и впоследствие испытавшая общую денудацию, прогибание отдельных участков и жесткие подвижки глыб и блоков различной величины по системам унаследованных и новых разломов, представляет собой мозаичное складчато-глыбовое сооружение со сглаженным и на большей части территории слабо расчлененным рельефом Почти повсеместно эта область перекрыта рыхлым глинисто-щебенистым чехлом делювиально-пролювиальных отложений Межгорные впадины различных размеров выполнены рыхлыми континентальными отложениями фациально изменчивого состава как в разрезе, так и по площади с преобладанием глинистых плохо проницаемых пород Все эти особенности в сочетании с малым количеством атмосферных осадков создают в целом неблагоприятные условия для подземного стока и скопления крупных ресурсов подземных вод

Трещинные и трещинно-жильные воды безнапорные или с небольшими местными напорами медленно движутся от наиболее приподнятых частей рельефа к местным и региональным базисам стока При длительных путях транзита они постепенно обогащаются растворимыми солями и разгружаются в виде межпластового стока в артезианские бассейны межгорных впадин, испарением при вертикальной фильтрации и в виде малодебитных родников В межгорных артезианских бассейнах распространены напорные порово-пластовые воды повышенной минерализации

Специфика структурно-тектонического устройства и рельефа Центрально-Казахстанского мелкосопочника позволяет выделить в пределах территории отдельные части, отличающиеся по гидрогеологическим особенностям Саур-Тарбагатай, юго-восточную часть Центрально-Казахстанского мелкосопочника, Зайсанскую и Алакольскую межгорные впадины Саур-Тарбагатайский горный массив — наиболее приподнятая часть всей этой территории — является водоразделом как для поверхностного, так и для подземного стока Восточная часть его — хребты Саур и Манрак с их среднегорным, а на отдельных участках и с высокогорным рельефом, наибольшим количеством осадков (до 800 *мм* в год) — представляет собой в основном область питания, коротких путей транзита и довольно обильной разгрузки пресных вод в виде многочисленных родников, региональным базисом стока является Зайсанская впадина Западный Тарбагатай отличается несколько более пониженным, в основном среднегорным рельефом и меньшим количеством осадков, максимальное количество которых на южных склонах достигает 600—700 *мм* в год Эта часть территории представляет собой область питания и формирования подземного стока, особенно активного в верховьях предгорных шлейфов Алакольской и Зайсанской впадин, которые являются областями регионального стока Подземные воды пресные

В Чиликтинской впадине, расположенной между горными массивами Саур-Манрака и Западного Тарбагатая, выполненной в основном песчано-глинистыми отложениями неоген-четвертичного возраста и представляющей собой межгорный артезианский бассейн, распространены напорные воды, минерализация которых повышена как за счет растворимых солей водосодержащих пород, так и за счет процессов континентального засолонения. Юго-восточная часть Центрально-Казахстанского мелкосопочника отличается среди всей горноскладчатой страны Восточного Казахстана наиболее сглаженным рельефом, сравнительно выдержанным по площади делювиально-пролювиальным чехлом. Для нее характерны слабая дренированность, низкие скорости фильтрации и длительные пути транзита, затрудненный отток и очень слабая разгрузка подземных вод. Причем и эта область при более узкой дифференциации ее свойств может быть разделена на две неравные части: здесь выделяются низкогорные хребты Чингиз-Тау и Акшатау, в пределах которых количество осадков достигает 350 *мм* в год, поверхностный сток имеет постоянный характер, суглинистый чехол кайнозойских отложений сравнительно небольшой мощности, увеличивающийся у подножия гор в небольших межгорных депрессиях, к которым, как правило, приурочены засолоняющиеся озера. Подземный сток направлен, с одной стороны, на юго-запад к оз. Балхаш, а с другой — на северо-восток к р. Иртышу, малочисленные родники выводят в основном пресные воды. Остальная часть территории, представляющая собой низкую мелкосопочную часть северного склона Иртыш-Балхашского водораздела и возвышенного мелкосопочника южного склона, характеризуется минимальным количеством осадков (до 200 *мм* в год), мощным суглинистым покровом, малым количеством родников, из которых в межень функционируют лишь те, которые связаны с тектоническими нарушениями, весьма активными процессами континентального засолонения; здесь распространены воды пестрой минерализации, среди которых преобладают соленые до рассолов.

Крупные впадины — Зайсанская и Алакульская, примыкающие с юго-востока к Центрально-Казахстанскому мелкосопочнику, представляют собой межгорные артезианские бассейны; водовмещающими породами являются пески, алевриты, реже галечники, переслаивающиеся с глинами. Мощные толщи глин аральской и павлодарской свит образуют надежные региональные водоупоры. Пластовый сток замедлен, бассейны закрытые, разгрузка подземных вод весьма слабая, осуществляется в основном испарением при вертикальной фильтрации. Воды напорные, пресные и солоноватые, в изменении химических свойств подземных вод намечается площадная зональность: от бортовых частей бассейнов к их центрам; изменение свойств в вертикальном разрезе почти не изучено. В пределах Зайсанского артезианского бассейна структурно-тектонические различия его частей приводят к изменению гидрогеологических условий, что позволяет разделить бассейн на три части.

Северная часть Восточного Казахстана — Семипалатинское Прииртышье — представляет собой южное окончание Иртышского артезианского бассейна. В геологическом и гидрогеологическом отношении она принципиально отличается от Саяно-Алтайского и Центрально-Казахстанского горно-складчатых сооружений. Эта часть территории представляет собой крупный прогиб, складчатый фундамент которого, погружающийся в северном направлении в сторону Западно-Сибирской низменности, перекрыт мощной толщей рыхлых песчано-глинистых отложений мезозойского и кайнозойского возраста, содержащей напорные и безнапорные порово-пластовые воды. Являясь южным окончани-

ем Ишим-Иртышского артезианского бассейна, входящего в свою очередь в сложный Западно-Сибирский артезианский бассейн, эта гидрогеологическая структура имеет свои особенности.

Различные по литологическому составу, водопроницаемости и коллекторским свойствам водосодержащие породы рыхлого покрова слагают ряд водоносных горизонтов и комплексов, разделенных водоупорами, ни один из которых не выдержан по простиранию. Отсутствие выдержанных региональных водоупоров в нижней части чехла связано с историей геологического развития этой части территории, которая в течение мезозоя и раннего кайнозоя представляла собой береговую часть морского бассейна с ее неустойчивыми лагунно-континентальными фациями. Континентальный режим осадконакопления в кайнозое, при котором значительная роль принадлежала отложению глин в озерных водоемах, способствовал образованию выдержанных на значительных пространствах водоупоров аральской и в меньшей степени павлодарской свит, выше которых по разрезу в песчаных и песчано-глинистых озерно-аллювиальных и аллювиальных отложениях плиоценового и четвертичного возраста обычно развиты грунтовые воды.

Описываемая часть Ишим-Иртышского бассейна неоднородна и на отдельных участках имеет свои геолого-структурные особенности, отражающиеся в строении осадочного чехла и в характере приуроченных к нему подземных вод. Юго-восточная часть бассейна, расположенная примерно к востоку от с. Глуховка, отличается неглубоким залеганием складчатого фундамента (до 100—200 *м*), сравнительно маломощным чехлом осадочных отложений неогенового и четвертичного возраста. К фациально изменчивому комплексу континентальных отложений чехла, где преобладают песчаные аллювиальные фации, а региональные глинистые водоупоры отсутствуют, приурочен ряд водоносных горизонтов с тесной гидравлической связью между собой. Здесь распространены в основном грунтовые воды. В западной же части Ишим-Иртышского бассейна, где фундамент погружен на значительную глубину (до 600—800 *м*), а в осадочном чехле мелового, палеогенового и неогенового возраста присутствуют более или менее выдержанные водоупоры, подземные воды приобретают напорный характер. В общих же чертах по Ишим-Иртышскому бассейну условия формирования подземных вод благоприятные, что объясняется наличием с поверхности довольно мощных толщ песков четвертичного и неогенового возраста, значительной ролью в разрезе песчаных отложений и близостью обрамляющих горноскладчатых сооружений Алтая с обильным поверхностным и подземным стоком.

Грунтовые воды замедленно движутся от низких водоразделов к долине р. Иртыша, к мелким озерам и понижениям рельефа. Напорные воды получают основную часть питания за счет инфильтрующихся атмосферных осадков и подземного стока с обрамляющих горноскладчатых сооружений, причем наиболее активной областью питания является лишь Алтай. Центрально-Казахстанский мелкосопочник играет в этом отношении весьма незначительную роль. От обрамляющих горных сооружений подземный сток направлен на северо-запад в сторону центральной наиболее погруженной части Иртышского артезианского бассейна, откуда, по-видимому, осуществляется перелив подземных вод в Западно-Сибирский артезианский бассейн. Минерализация подземных вод бассейна невелика, преобладают пресные и слабо солоноватые воды.

С учетом изложенных гидрогеологических условий Восточного Казахстана его территория может быть разделена на ряд гидрогеологических районов. В основу выделения районов первого поряд-

ка положен тектонический принцип, по которому разграничиваются между собой как разновозрастные (преимущественно каледонские и герцинские) горноскладчатые сооружения, так и платформенная область, со всем вытекающим отсюда комплексом их геологических и гидрогеологических различий. Таким образом, в соответствии с гидро-

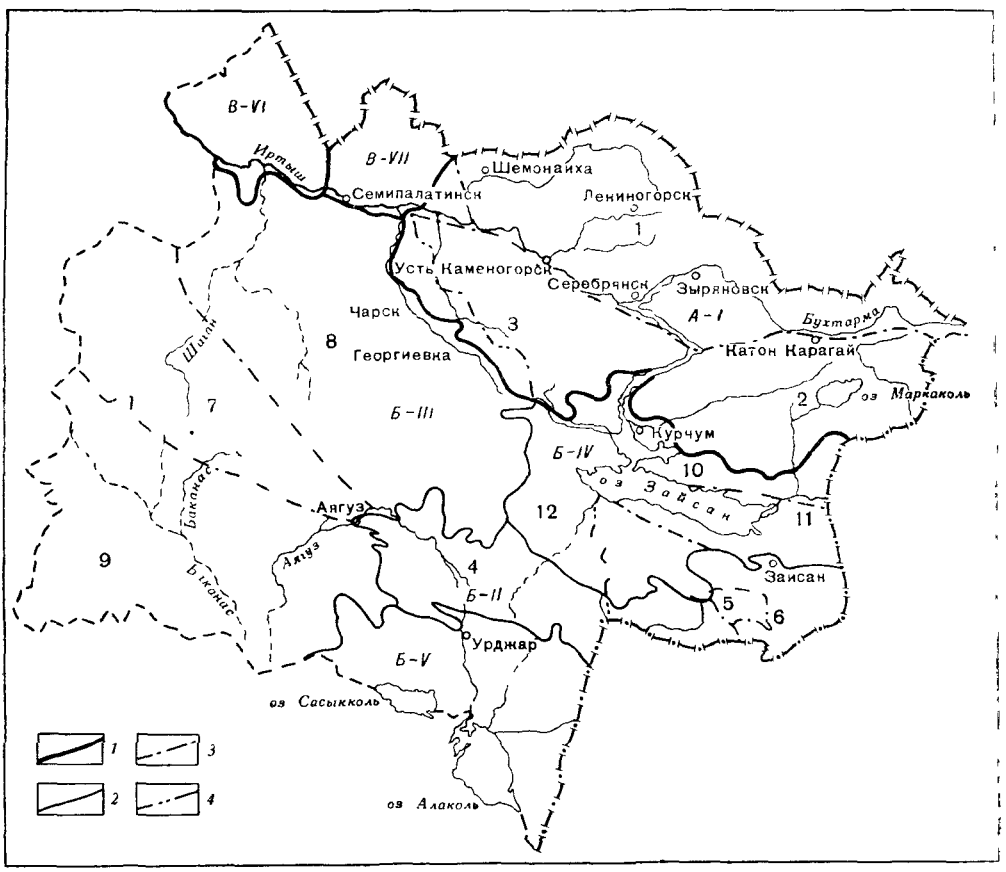


Рис 18 Схема гидрогеологического районирования Восточного Казахстана (составлена Б Е Антыпко)

1—3 — границы гидрогеологических районов (*1* — первого порядка, *2* — второго порядка, *3* — третьего порядка), *4* — граница административных областей

Гидрогеологические районы первого порядка *А* — Саяно Алтайский, *Б* — Центрально Казахстанский, *В* — Ишим Иртышский

Гидрогеологические районы второго порядка *I* — Алтайский, *II* — Саур Тарбагатайский, *III* — Чингиз Жарминско Балхашский, *IV* — Зайсанский, *V* — Алакольский, *VI* — Иртышский, *VII*—Глуховский.

Гидрогеологические районы третьего порядка 1 — Горно Рудно Алтайский, 2 — Южно Алтайский, 3 — Калбинский, 4 — Западно Тарбагатайский, 5 — Чиликтинский, 6 — Саур Манракский 7 — Чингизский, 8 — Жарминский 9 — Северо-Балхашский, 10 — Северо Зайсанский 11 — Центрально Зайсанский, 12 — Западно Зайсанский

геологическим районированием, принятым в монографии, в Восточный Казахстан входят следующие районы первого порядка (рис. 18):

1. Саяно-Алтайский район, представляющий собой гидрогеологическую складчатую зону с системами бассейнов трещинных вод и межгорных артезианских бассейнов. Этот район заходит в пределы Восточного Казахстана лишь западной частью, объединяющей Рудный, Южный, Горный Алтай и Калбинский хребет; основная же часть района расположена за пределами Восточного Казахстана. (Данный район I порядка входит в Саяно-Алтайско-Енисейскую гидрогеологическую

складчатую область с системой межгорных и предгорных артезианских бассейнов).

2. Центрально-Казахстанский район, представляющий собой гидрогеологическую складчатую зону с системами бассейнов трещинных вод и межгорных артезианских бассейнов, заходит на описываемую территорию юго-восточной частью. (Этот район входит в Центрально-Казахстанскую гидрогеологическую складчатую область, соответствующие части которой описаны в XXXIV томе монографии — Центральный Казахстан (Карагандинская область), в XXXIII томе — Северный Казахстан и в XXXVI томе — Южный Казахстан.)

3. Ишим-Иртышский артезианский бассейн, являющийся южной краевой частью Западно-Сибирской платформенной артезианской области. (Основная часть Ишим-Иртышского артезианского бассейна описана в XXXIII томе монографии «Гидрогеология СССР, Северный Казахстан».)

Выделение гидрогеологических районов второго порядка в пределах горноскладчатых областей базируется на структурно-геоморфологическом принципе. Районами второго порядка являются либо крупные межгорные артезианские бассейны, либо системы бассейнов трещинных вод, местами осложненные мелкими артезианскими бассейнами. Под бассейном трещинных вод понимается площадь развития преимущественно грунтовых вод этого типа, обладающих общностью гидродинамической и гидрохимической характеристик, обусловленных, с одной стороны, структурно-геоморфологическим положением района, а с другой — литолого-петрографическим составом водосодержащих пород и перекрывающего их осадочного чехла. Таким образом, та часть Саяно-Алтайского района, которая входит в Восточный Казахстан, представляет собой по существу один район второго порядка — Алтайский сложный бассейн трещинных вод. В пределах Центрально-Казахстанского района в качестве районов второго порядка выделяются: 1) Саур-Тарбагатайский сложный бассейн трещинных вод (в пределах герцинских складчатых сооружении с их высокогорным и среднегорным рельефом); 2) Чингиз-Жарминско-Балхашский сложный бассейн трещинных вод (в пределах каледонских складчатых сооружений с их низкогорным и мелкосопочным рельефом); 3) Зайсанский межгорный артезианский бассейн; 4) Алаколь-ский межгорный артезианский бассейн.

Выделение районов второго порядка в пределах Западно-Сибирской платформенной области (в той ее части, которая входит в Восточный Казахстан) проводится по геолого-структурному принципу. Юго-восточная часть Ишим-Иртышского артезианского бассейна, расположенная примерно к востоку от линии Глуховка — Изатулла, отличающаяся неглубоким залеганием складчатого палеозойского фундамента и преобладанием грунтовых вод, выделяется в виде Глуховского бассейна, а северо-западная часть с мощным осадочным чехлом и приуроченными к нему напорными водами выделяется в Иртышский артезианский бассейн.

Выделение гидрогеологических районов третьего порядка, выполненное для подсчета по ним естественных ресурсов подземных вод, проведено не повсеместно, а лишь в пределах Саяно-Алтайского и Центрально-Казахстанского районов также на основе структурно-геоморфологического принципа, что отражено на рис. 18 и в табл. 6. Подробному описанию гидрогеологических районов посвящены главы V, VI и VII.

В настоящем томе при описании подземных вод принята следующая классификация их по величине минерализации (в *г/л*): до 0,2 —

Таблица 6

Схема гидрогеологического районированиия Восточного Казахстаиа

Гидрогеологическая область	Гидрогеологический район		
	I порядка	II порядка	III порядка
1. Саяно-Алтайско-Енисейская с системой межгорных и предгорных артезианских бассейнов (часть)	А. Саяно-Алтайский (гидрогеологическая складчатая зона с системами бассейнов трещинных вод и межгорных артезианских бассейнов) (часть)	I. Алтайский (сложный бассейи трещинных вод)	1. Горио-Рудно-Алтайский (бассейи трещиниых вод) 2. Южно-Алтайский (бассейн трещиниых вод) 3. Калбиинский (бассейн трещиниых вод)
2. Цеитрально-Казахстанская складчатая (часть)	Б. Цеитрально-Казахстаиский (гидрогеологическая складчатая зона с системами бассейиов трещиниых вод и межгорных артезианских бассейнов) (часть)	II. Саур-Тарбагатайский (сложиый бассейи трещинных вод)	4. Западно-Тарбагатайский (бассейи трещинных вод) 5. Чиликтинский (межгорный артезианский бассейн) 6. Саур-Манракский (бассейн трещиниых вод)
		III. Чиигиз-Жарминско-Балхашский (сложный бассейн трещиниых вод)	7. Чиигизский (бассейн трещинных вод) 8. Жарминский (бассейн трещинных вод) 9. Северо-Балхашский (бассейн трещинных вод)
		IV. Зайсаиский (межгорный артезианский бассейн) (часть)	10. Северо-Зайсанский (артезианский бассейи) (часть) 11. Цеитрально-Зайсанский (артезианский бассейн) (часть) 12. Западно-Зайсанский (артезианский бассейн) (часть)
		V. Алакольский (межгорный артезианский бассейи) (часть)	Нет
3. Западио-Сибирская платформеииая артезиаиская (часть)	В. Ишим-Иртышский (артезиаиский бассейи) (часть)	VI. Иртышский VII. Глуховский	" " "

ультрапресные воды; 0,2—1 — пресные воды; 1—3 — слабосолоноватые воды; 3—5 — солоноватые воды; 5—10 — сильно солоноватые воды; 10—50 — соленые воды; более 50 — рассолы.

Классификация по химическому составу приводится по О. А. Алекину.

Наименование типов вод дается от иона с большим содержанием к иону с меньшим содержанием, при этом учитываются только те ионы, содержание которых превышает 25 *мг·экв/л* (сумма анионов, соответственно и катионов, принимается за 100 *мг·экв%*).

Глава V

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ САЯНО-АЛТАЙСКОГО РАЙОНА (ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ С СИСТЕМАМИ БАССЕЙНОВ ТРЕЩИННЫХ ВОД И МЕЖГОРНЫХ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ)

Этот район относится к Саяно-Алтайско-Енисейской гидрогеологической складчатой области и занимает площадь значительно больше территории Восточного Казахстана, куда он входит лишь юго-западной частью, являющейся по существу одним гидрогеологическим районом второго порядка — Алтайским сложным бассейном трещинных вод.

АЛТАЙСКИЙ РАЙОН (СЛОЖНЫЙ БАССЕЙН ТРЕЩИННЫХ ВОД)

Район занимает юго-западную часть Алтае-Саянской горноскладчатой страны. На северо-западе он граничит с Иртышским артезианским бассейном, а на западе, юго-западе и юге — с Центрально-Казахстанским гидрогеологическим районом. Описываемый район объединяет горно-складчатые сооружения Рудного, Горного, Южного Алтая и Калбинского хребта и представляет собой самую приподнятую часть Восточного Казахстана с абсолютными отметками, увеличивающимися с запада на восток и с юга на север от 200 до 4600 *м*, при преимущественном преобладании высот свыше 1000 *м*. Для этой части территории характерен высокогорный облик, со сложной системой хребтов, густо расчлененных речной сетью, ориентированных в северо-западном (Горный Алтай), северо-восточном (Рудный Алтай) и широтном (Южный Алтай) направлениях, с островершинными горами, зубчатыми гребнями, крутыми ущелистыми склонами и слабо всхолмленными реликтовыми поверхностями выравнивания, венчающими водораздельные пространства некоторых хребтов. Поверхности выравнивания имеют особенно широкое развитие на Южном Алтае (хребты Нарымский, Южно-Алтайский и др.), обусловливая характерное для него двухъярусное строение рельефа, где на высотах до 2000 *м* распространены слабо всхолмленные увалистые равнины с медленно текущими реками в пологих низких заболоченных берегах, круто обрывающихся вниз к резко расчлененному альпийскому рельефу; глубина эрозионного вреза достигает 1500—1700 *м*. В Рудном Алтае глубина эрозионного вреза меньше, здесь она изменяется от 600 *м* и менее до 1300 *м*, в Горном Алтае она вновь увеличивается до 1500 *м*, а в Калбинском низкогорном хребте она минимальна по сравнению с остальной частью Алтайского района и изменяется в пределах от 30 до 300 *м*, увеличиваясь с северо-запада на юго-восток.

Климат района резко континентальный с суровой зимой и сравнительно жарким летом на предгорных равнинах и прохладным — в горах. Средняя температура самого жаркого месяца — июля — в горах (1000—1500 *м* абсолютной высоты) 14—16° С, иногда может опускаться ниже нуля. Распределение осадков очень неравномерное и связано с вертикальной климатической зональностью, экранирующим влиянием хребтов и экспозицией склонов. Наибольшее количество

осадков получает Рудный Алтай (в районе хребтов Ивановского и Ульбинского выпадает 1500—1800 *мм*), несколько меньше осадков приходится на Горный Алтай. В Южном Алтае количество осадков резко сокращается в среднем до 400—700 *мм*, при этом максимальное количество их (1300 *мм*) выпадает на севере района в пределах Нарымского хребта, а минимальное (280 *мм*) — на высокогорном плато Укок (2400 *м* абсолютной высоты). В районе Калбинского хребта количество осадков изменяется от 350—400 до 700 *мм*. Таким образом, в Горном и Рудном Алтае и в северной части Южного Алтая огромное количество осадков при величине испарения, не превышающей 600—700 *мм*.

Рис. 19. Река Курчум у пос. Маралиха

создает избыточное увлажнение. Мощность снегового покрова в горах достигает 3—4 *м*. С климатической зональностью связано и распределение ландшафтных зон. В Горном и Рудном Алтае имеют значительное распространение влажные темнохвойные леса, нижняя граница которых опускается до 800 *м*, а верхняя расположена на высоте 1700 *м*. В Южном Алтае сплошной лесной пояс отсутствует, располагаясь пятнами главным образом на северных склонах, и имеет площадное развитие только в бассейне р. Каракабы. На Калбинском хребте лесного пояса нет, за исключением небольших участков в восточной части хребта (Каиндинский бор).

С хребтов Алтая в долины рек Черного Иртыша и Иртыша стекают многочисленные ручьи и реки. С Горного и Рудного Алтая стекают многоводные реки — Бухтарма, Ульба, Уба. Модули поверхностного стока в пределах их водосборов составляют 25—40 *л/сек* с 1 *км*² и достигают в отдельные сильно влажные годы рекордных величин — 40—60 *л/сек*. Реки Южного Алтая — Каракаба, Кальджир, Калгуты, Курчум (рис. 19), Нарым — имеют расходы, в несколько раз меньшие, чем у рек Горно-Рудного Алтая. Модули поверхностного стока здесь уменьшаются до 4—10 *л/сек* с 1 *км*². Реки, стекающие с Калбинского хребта, небольшие, и модуль поверхностного стока снижается до 1—5 *л/сек* с 1 *км*².

В горной части района реки глубоко врезаются в палеозойские породы и имеют в верховьях глубокие, узкие, иногда ступенчатые долины с валунно-галечным руслом и огромными скоростями течения. В предгорных районах долины рек расширяются и приобретают комплекс пойменных и надпойменных террас. Особенно широки они в пре-

делах склонов Калбинского хребта (р. Кызылсу — 3,5—4 *км*), что не соответствует протекающим по ним современным небольшим речкам (рис. 20). Современные русла рек, обычно прижатые к правым бортам долин, имеют небольшую мощность аллювиальных отложений (первые десятки метров). Мощная толща аллювия (50—100 *м*) приурочена к переуглубленным древним долинам, обычно расположенным слева от современных русел рек, и представлена в основном осадками нижне- и среднечетвертичного возраста, причем нижнечетвертичные валунно-галечно-песчаные отложения содержат многочисленные невыдержанные прослои и линзы супесей, суглинков и глин мощностью от 2—3 до 10—15 *м*, а среднечетвертичные отложения промыты и глинистых прослоев не содержат. Общая мощность аллювиальных отложений в древних долинах может достигать 150—250 *м* (долины пра-Вторушки, пра-Иртыша и др.).

Рис. 20. Калбинский хребет. Река Кызылсу

Особое место в Алтайском районе занимают межгорные тектонические впадины (Лениногорская, Нарымо-Бухтарминская, Бобровская, Верхне-Каракабинская, Успенская и более мелкие — Березовская, Зыряновская и др.), расположенные на отметках от 400 до 2600 *м*. Некоторые из них представляют собой как бы четкообразные расширения речных долин. Лениногорская впадина расположена в Рудном Алтае у подножия Ивановского хребта в месте слияния рек Тихой и Громатухи; протяженность ее 40—45 *км* при ширине 5—7 *км*. В Рудном Алтае расположена и Зыряновская впадина, приуроченная к долине р. Березовки (левый приток р. Бухтармы). Нарымо-Бухтарминская впадина располагается у подножия Нарымского хребта и отделяет Южный Алтай от Горного и Рудного, протягиваясь на 150 *км* при ширине 10—15 *км*; Бобровская — в среднем течении р. Каракаба (Южный Алтай), она имеет протяженность 30 *км* при ширине 10—15 *км*. Ряд более мелких впадин приурочен к долинам рек на Рудном Алтае (Глубочанка, Красноярка), в Калбинском хребте (Кызылсу) и др.

Выполнены впадины рыхлыми отложениями кайнозойского возраста. Наиболее древними являются глины неогена, которые заполняют нижние части впадин Рудного Алтая (Лениногорской, Зыряновской и др.), полностью выполняют разрезы Калбинского хребта (Кызылсу и др.). Возможно, эти глины слагают основание не вскры-

того разреза впадин Южного Алтая Выше в некоторых впадинах (Лениногорской, Зыряновской) залегают плиоценовые отложения вторушкинской свиты, представленные песками и галечниками, мощность которых достигает 100 *м*, верхняя часть разреза впадин сложена преимущественно аллювиально-пролювиальным комплексом валунно-галечно-песчаных отложений четвертичного возраста, во впадинах Южного Алтая они фациально замещаются водно-ледниковыми отложениями зандровых конусов выноса Мощность кайнозоиских отложении, выполняющих впадины, достигает 150—250 *м* и более

Палеозойские породы района представлены главным образом эффузивно-осадочными, терригенными, метаморфическими и интрузивными разностями Склоны хребтов, долины рек и межгорные впадины перекрыты почти сплошным чехлом покровных, преимущественно лёссовидных средне-верхнечетвертичных отложений, мощность которых изменяется от 0,2—15 *м* на плоских водоразделах и пологих склонах до 40—50 *м* и более в долинах рек Глубочанки, Красноярки и др

В Алтайском районе повсеместно распространены трещинные и трещинно-жильные воды в палеозойском складчатом фундаменте, а также в основном грунтовые порово-пластовые воды рыхлого кайнозоиского чехла Локальное распространение в отдельных межгорных впадинах имеют напорные порово-пластовые воды неогеновых отложений

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В районе распространены следующие водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения 1) водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных аллювиальных отложении (alQ), 2) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально пролювиального, элювиально делювиального и др) генезиса (Q_{II-III}), 3) водоносный комплекс средне-верхнечетвертичных ледниковых и водно-ледниковых отложений (gfl $Q_{II\ III}$), 4) воды спорадического распространения плиоценовых отложений вторушкинской свиты (N_2vt) *, 5) трещинные и трещинно жильные воды верхнекаменноугольных — нижнепермских отложении (C_3—P_1), 6) трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложении (C), 7) трещинные и трещинно жильные воды верхнедевонских — нижнекаменноугольных отложении такырской свиты (D_3—C_1), 8) трещинные и трещинно жильные воды средне верхнедевонских отложении кыставкурчумской свиты (D_{2-2}), 9) трещинные и трещинно жильные воды отложений ордовика и силура (O S), 10) трещинные и трещинно жильные воды интрузивных пород (Г, σ)

1 Водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных аллювиальных отложений (alQ) Данный комплекс, самый водообильный в районе, развит в долинах рек Водовмещающими породами являются гравийно-галечные и гравийно-песчаные отложения с примесью валунов, щебенки и пылеватых частиц с прослоями и линзами глин и суглинков В долинах горных рек водовмещающие аллювиальные отложения представлены валунными и валунно-галечными отложениями Наиболее широко и полно аллюви-

* Ввиду незначительного площадного распространения на прилагаемой гидрогеологической карте не отражены

альный комплекс представлен в крупных долинах рек Бухтармы, Хамира, Тургусуна, Иртыша, Ульбы, Убы и Березовки (см. гидрогеологическую карту), где имеет мощность до 150 *м*. В мелких долинах рек Бобровки, Глубочанки, Красноярки, Таловки, Сибинки, Уланки, Кызылсу и др. мощность его меньше 20—30 *м*. Значительно уменьшается здесь и размер обломочного материала. В долинах ручьев этот комплекс практически отсутствует. Ширина долин, выполненных аллювием, колеблется от 150—200 *м* в горной части до 3—8 *км* на

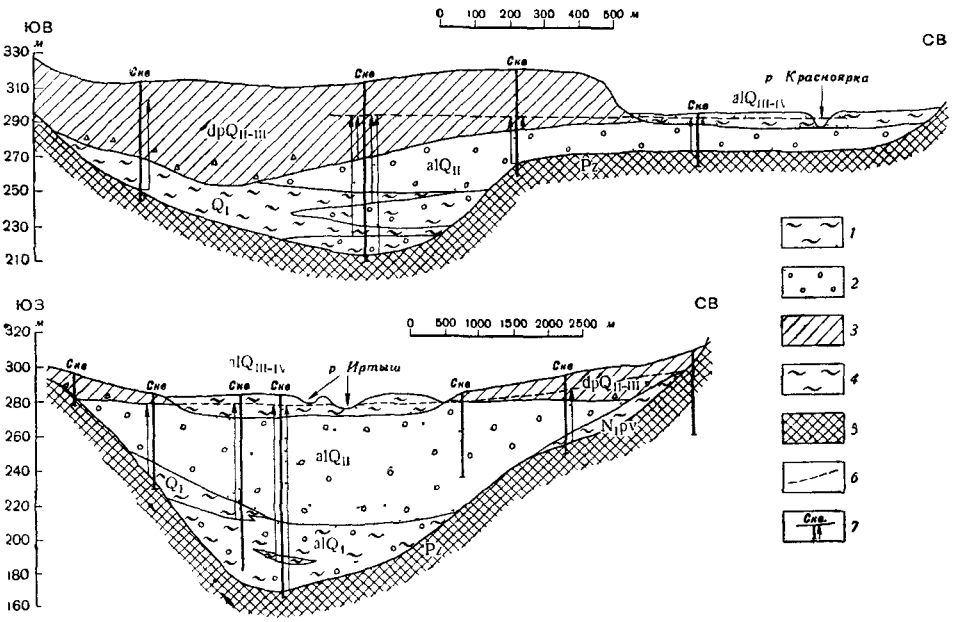


Рис 21 Гидрогеологические разрезы долины р Красноярки выше ст Предгорное и долины р Иртыша у г Усть-Каменогорска (составил В И Белянин)

1 — песок глинистый, 2 — гравийно галечные отложения (участками заглинизированные) 3 — суглинок с обломками коренных пород 4 — глина, 5 — палеозойские породы, 6 — уровень подземных вод 7 — пьезометрические уровни по скважинам

предгорных равнинах. В составе водосодержащих пород отмечается большая заглинизированность нижнечетвертичных и верхнечетвертичных — современных пойменных осадков, что обусловливает разные фильтрационные свойства отдельных частей комплекса. Характерные разрезы речных долин приведены на рис. 21 и 22.

Водоносные комплексы часто не имеют выдержанного водоупорного глинистого ложа, а залегают непосредственно на трещиноватых палеозойских породах, неровности кровли которых отражаются на мощности комплекса. Так, палеозойский фундамент долины р. Иртыша воздымается от г. Усть-Каменогорска на запад, и перед устьем р. Кызылсу аллювиальный комплекс практически выклинивается Такого же рода порог установлен и в долине р. Ульбы при выходе из Лениногорской впадины, здесь палеозойские породы непосредственно обнажаются в русле или прикрыты 1,5—2-метровым слоем четвертичных отложений. Глубина залегания вод комплекса колеблется в пределах от 0,3—1 до 20—50 *м*. В долине р. Убы они вскрываются на глубинах от 3 до 28 *м*, в долине р. Нарыма — от 3 до 16 *м*, в долине

р. Иртыша — от 0,3 до 17—18 *м*, в долине р. Ульбы — от 1 до 8 *м*, в долине р. Кызылсу — от 0,5 до 1,7 *м*.

Воды комплекса имеют свободную поверхность. На участках распространения водоупорных перекрывающих суглинков и иловатых песков, особенно в мелких долинах, воды обладают местным напором, величина которого достигает 20—30 *м*, пьезометрический уровень устанавливается на глубинах до 30 *м* от поверхности. На отдельных участ-

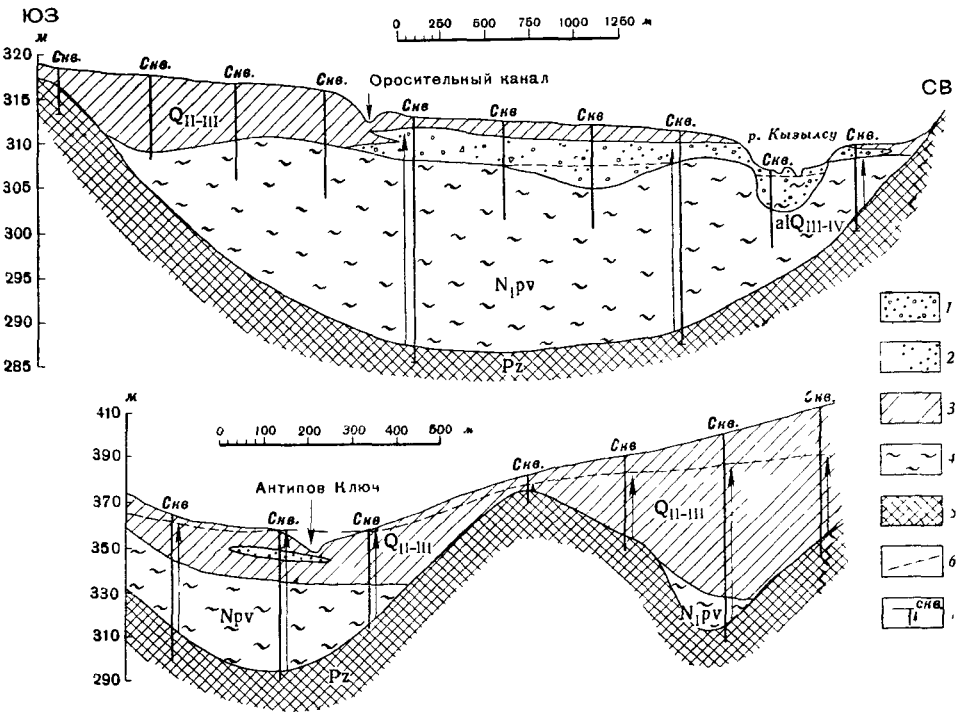


Рис 22 Гидрогеологические разрезы долины р Кызылсу в створе с Чалобай и р долины Антипова ключа к западу от пос Белоусовка (составил В. И. Белянин)

1 — гравийно галечные отложения, участками заглинизированные, *2* — песок, *3* — суглинок с обломками коренных пород, *4* — глина с обломками коренных пород, *5* — палеозойские породы, *6* — уровень подземных вод, *7* — пьезометрические уровни по скважинам

ках воды в скважинах самоизливаются. Водообильность пород комплекса высокая. В долине р. Бухтармы, около с. Чингистай, дебит скважины при самоизливе составил 60 *л/сек*. В долине р. Ульбы дебиты скважин составляли 15—20 *л/сек* при понижениях 1—3,6 *м* (коэффициенты фильтрации водовмещающих пород 6—80 *м/сутки*). В Лениногорской впадине дебиты скважин 6—22 *л/сек* при понижениях 8,7—1,1 *м* (коэффициенты фильтрации пород от 10—15 до 70—100 *м/сутки* и более). В долине Бухтармы дебиты скважин 59—66 *л/сек* при понижениях 4—7 *м*, расходы родников 1—23 *л/сек* (коэффициенты фильтрации пород 30—60 *м/сутки*). В долине р. Березовки расходы скважин 60—70 *л/сек*, удельные дебиты 0,5—9 *л/сек* (коэффициенты фильтрации 14—34 *м/сутки*, а там, где в разрезе преобладают галечники, они составляют 80—120 *м/сутки*). В долине р. Нарыма дебиты скважин достигали 35,7—18 *л/сек* при понижениях 1,0—

0,8 *м* (коэффициенты фильтрации колеблются от 0,43 до 30,4 *м/сутки* (см. каталог, скв. 10, 11, 13, 16, 17, 23, 26).

Наиболее детально разведуются и интенсивно эксплуатируются аллювиальные воды в районе г. Усть-Каменогорска в долинах рек Иртыша и Ульбы. Здесь разведано более двадцати участков для водозаборов преимущественно инфильтрационного типа. Наиболее водообильны среднечетвертичные отложения, дебиты скважин в которых достигают 80—100 *л/сек* при понижении 3—10 *м*. Коэффициент фильтрации в среднем около 50 *м/сутки*. Водообильность и фильтрационные свойства нижнечетвертичных отложений несколько ниже, коэффициенты фильтрации 1,5—10 *м/сутки*, дебиты скважин 6—13 *л/сек* при понижениях 7—14 *м*. В долине р. Ульбы водоносные породы верхней части комплекса до глубины 40—50 *м* характеризуются коэффициентами фильтрации 38,6—139,3 *м/сутки*. Дебиты скважин 28,4—80 *л/сек* при понижении уровня на 3,7—2,7 *м*. В нижней части разреза, где породы заглинизированы, коэффициенты фильтрации снижаются до 6,2—19,7 *м/сутки*, а дебиты скважин до 6,2—21,8 *л/сек* при понижениях 3,3—5,6 *м*.

В мелких долинах Красноярки, Глубочанки, Таинты коэффициенты фильтрации 7—12 *м/сутки*, дебиты скважин 8—22 *л/сек* при понижениях уровня на 2—12 *м*

В долине р. Кызылсу дебиты скважин 1,4—2,7 *л/сек* при понижении 1—2,3 *м*, коэффициенты фильтрации песков до 3 *м/сутки*. Воды аллювиального водоносного комплекса пресные с минерализацией до 1 *г/л*, по составу гидрокарбонатные кальциевые, общая жесткость 0,5—0,84 *мг·экв/л*. Температура воды 6—9 °С. Микрокомпоненты (мышьяк, цинк, свинец, фтор и др.) в водах содержатся в незначительных количествах, практически всегда в норме, установленной для питьевых вод.

Режим водоносного комплекса обусловливается режимом поверхностного стока и выпадающими осадками. Обычно наибольший подъем уровня приуроченный к интенсивному питанию талыми и поверхностными водами, отмечается в весенний период, а затем на общем фоне снижения от весеннего пика к меженному уровню наблюдаются небольшие подъемы (с амплитудой 0,2—0,7 *м*) уровня, соответствующие летним и осенним осадкам.

Изменения температуры, химического состава и минерализации воды в течение года незначительны.

Воды аллювиального водоносного комплекса широко используются для водоснабжения населенных пунктов и предприятий народного хозяйства с помощью скважинных водозаборов производительностью до 1200 *л/сек*, реже — колодцами. В Рудном Алтае при разработке месторождений полезных ископаемых они оказывают серьезные помехи.

2 Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального, элювиально-делювиального и др.) генезиса (Q_{II-III}). Данные воды развиты обычно в понижениях рельефа — логах, балках, западинах — и имеют характер верховодки. Водонасыщенными являются суглинки, супеси с песком и щебнем, мощность которых изменяется от долей метра до 3—6 *м* (см. каталог, скв 32). Подстилаются они чаще всего водоупорными глинами неогена, трещиноватыми породами палеозоя, реже аллювиальными отложениями; выклиниваются в виде родников по контакту с глинами.

Расходы родников достигают 1,3 *л/сек*, дебиты колодцев 0,1—0,2 *л/сек*; воды преимущественно пресные с минерализацией до 1 *г/л*,

реже 1,3 *г/л*, гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые. Общая жесткость повышена и достигает 9—13 *мг·экв/л*. Описываемые воды питаются за счет атмосферных осадков и иногда подпитываются трещинными водами складчатого палеозойского фундамента. Населением они используются для водоснабжения индивидуальных хозяйств, реже обеспечивают потребность животноводческих ферм. Практическое значение для водоснабжения небольшое. В то же время отрицательное значение этих вод для строительства весьма велико, так как они снижают прочность водовмещающих пород, вызывают суффозионные процессы, оплывины стенок горных выработок и образование оползней в бортах выемок.

3. Водоносный комплекс средне-верхнечетвертичных ледниковых и водно-ледниковых отложений ($gfl\,Q_{II-III}$). Данный комплекс распространен в Нарымо-Бухтарминской, Бобровской впадинах, в приводораздельных частях хребтов Сарым-Сакты, Листвяга и в верховьях долины Каракабы. Водовмещающие породы плохо сортированы, представлены выходящими на дневную поверхность валунно-галечными и песчано-галечными отложениями с суглинистым заполнителем, перемежающимся с суглинками. Мощность отложений достигает 200 *м*, залегают они на трещиноватых палеозойских породах и на глинах неогена. Воды залегают на глубинах до 100—120 *м* На склонах гор по периферии морен они выходят на поверхность, образуя родники и мочажины. Расходы родников 0,1—5,7 *л/сек*, чаще 1,5—5 *л/сек*, удельные дебиты скважин 0,1—1 *л/сек*. Воды пресные с минерализацией 0,1—0,3 *г/л*, гидрокарбонатные кальциевые, мягкие с жесткостью менее 6—5 *мг·экв/л*.

Питание комплекс получает за счет инфильтрации атмосферных осадков, подтока трещинных вод, иногда за счет поглощения поверхностного стока, формирующегося на более возвышенных горных склонах. Разгрузка осуществляется в аллювиальный водоносный горизонт и непосредственно в русла водотоков. Воды комплекса используются для водоснабжения сельских населенных пунктов с помощью каптажа родников. За счет вод этого комплекса может быть организовано водоснабжение сел Катон-Карагай, Медведка и др.

4. Воды спорадического распространения плиоценовых отложений вторушкинской свиты ($N_2\,vt$). Данные воды развиты и изучены в районе городов Лениногорска и Зыряновска в одноименных межгорных впадинах. Водонасыщенными являются прослои и линзы глинистых песков, галечно-щебенистых отложений в толще бурых, зеленовато-серых песчанистых глин и суглинков. По площади водовмещающие слои не выдержаны и замещаются глинистыми породами. Мощность их от 2,5 до 6,5 *м*. В разрезе свиты вскрывается до пяти-шести водоносных слоев.

Общая мощность отложений свиты достигает 100 *м*, залегает она на размытой поверхности палеозойских пород и на глинах павлодарской свиты, повсеместно перекрывается четвертичными отложениями, имеющими мощность до 150 *м*. Описываемые воды напорные, величина напора 30—130 *м* и более. Расходы скважин 0,3—4,8 *л/сек* при понижениях 13,9—37 *м*. Воды пресные гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с минерализацией 0,17—0,9 *г/л*, общая жесткость 2,5—7,3 *мг·экв/л*.

Питание вод происходит в основном за счет подтока трещинных вод палеозойского фундамента, разгрузка осуществляется в аллювиальный водоносный комплекс. На участках рудных месторождений описываемые воды обводняют подземные горные выработки.

Водоупорные глины павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$) выполняют понижения древнего рельефа, залегают на глинах аральской свиты, имеющей очень ограниченное распространение, на коре выветривания или непосредственно на палеозойских породах. Глины красного и красно-бурого, иногда зеленоватого цвета с известково-мергелистыми и гипсовыми конкрециями. На участках распространения описываемых глин они являются подстилающим водоупором для вышележащих вод в четвертичных отложениях и перекрывающим водоупором для трещинных вод палеозойского фундамента. Выщелачивание из глин павлодарской свиты гипса повышает минерализацию подземных вод и обогащает их сульфатами.

5. Трещинные и трещинно-жильные воды верхнекаменноугольных—нижнепермских отложений (C_3—P_1). Описываемые воды на Рудном Алтае имеют значительное распространение на среднегорном междуречье Ульбы и Малой Ульбы. Водовмещающими породами являются трещиноватые туфы и лавы кислого и среднего состава. Глубина залегания зеркала грунтовых вод на водоразделах достигает нескольких десятков метров, у подножий склонов они выходят на дневную поверхность. Водообильность пород невелика, расходы родников 0,2—0,3 *л/сек*, в зонах тектонических нарушений до 1 *л/сек*. По химическому составу воды гидрокарбонатные, катионный состав пестрый — кальциевый, натриевый, магниевый, минерализация 0,1—0,2 *г/л*. Питание вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Площадь питания совпадает с площадью распространения. Практическая значимость описываемого комплекса невелика.

6. Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложений (С). Данные воды широко распространены в пределах района. Наиболее крупные поля их развития приурочены к массивам Калбинского и Нарымского хребтов. Водовмещающие породы — алевролиты, сланцы, конгломераты, местами туфы и лавы кислого и среднего состава, известняки. На отдельных участках они перекрыты неогеновыми глинами или четвертичными суглинками. Воды делятся на три типа: трещинные (в зоне открытой трещиноватости), трещинно-карстовые (в районах развития карбонатных пород) и трещинно-жильные (в зонах тектонических разломов). Трещинные воды имеют повсеместное распространение. Уровень их расположен на глубине 14—64 *м*. Дебиты родников 0,1—3,3, чаще 0,2—1,2 *л/сек*. Некоторыми скважинами в районе г. Зыряновска в каменноугольных отложениях под перекрывающими их водоупорными глинами и суглинками вскрыты напорные воды. Величина напора 34—118 *м*. Водообильность пород невелика. Дебиты скважин изменяются от 0,3 *л/сек* (при самоизливе) до 2,3 *л/сек* (понижение 18,7 *м*) (см. каталог, скв. 13, 14).

Приуроченные к известнякам трещинно-карстовые воды имеют в районе ограниченное распространение; встречены они к северо-западу от устья р. Бухтармы, на юге и западе Калбинского массива и на северном склоне Нарымского хребта (верховья р. Джалтырсу) (рис. 23). Общая раскарстованность карбонатных пород района невелика и неравномерна. На Рудном Алтае известны крупные массивы известняков, в пределах которых карстовые явления не наблюдаются (массив известняков Сажаевского месторождения у пос. Октябрьский в междуречье Ульбы и Бухтармы, известняки Бражихинского карьера вблизи пос. Белоусовка на правом берегу р. Иртыша).

В то же время в известняках, развитых на южном склоне Калбинского хребта, в долинах Чегилека и Актасты с поверхности отмеча-

ются карстовые провальные воронки глубиной до 3—4 *м*. И если в верховьях реки наблюдаются участки интенсивного поглощения поверхностных вод карстовыми воронками, то ниже по течению идет постоянное нарастание расхода реки за счет трещинно-карстовых вод. На западе Калбинского массива, на Ново-Таубинском месторождении известняков, также распространены трещинно-карстовые воды. Расходы скважин достигают 18 *л/сек* при понижении уровня на 2,9 *м*. В отдельных случаях отмечается значительное увеличение водообильности и раскарстованности известняков, что, по-видимому, связано с возмож-

Рис 23. Южный Алтай. На переднем плане карстовая воронка в известняках

ной приуроченностью их к зонам тектонических нарушений. Примером может служить группа родников в Рудном Алтае, в 16 *км* к северо-востоку от г. Серебрянска, известная под названием Светлый ключ. Суммарный расход родников составляет 50—130 *л/сек*, водосодержащие известняки с поверхности значительно раскарстованы. Трещинно-карстовые воды пресные с минерализацией до 0,5 *г/л*, состав их в основном гидрокарбонатный кальциевый.

Трещинно-жильные воды имеют ограниченное площадное распространение. На поверхности земли они фиксируются серией линейно расположенных родников с расходами до 12 *л/сек* или полосами влаголюбивой растительности и сравнительно легко дешифрируются на аэрофотоснимках. Породы в зонах разломов имеют значительную раздробленность, большей частью хорошо проницаемы до глубины 120—150 *м*, но в местах наибольших тектонических напряжений и подвижек они нередко превращены в глиноподобные милониты, играющие роль водоупорного экрана. Пересечение разломами логов и балок вкрест их простирания почти всегда приводит к выводу подземных потоков на поверхность, к образованию родников, мочажин и заболоченностей. Водообильность пород в пределах тектонических нарушений сравнительно детально изучена на северо-западе Калбинского массива. Здесь установлено, что центральные части тектонических зон, перемятых в значительной мере до состояния глин, менее обводнены, чем окружающие их

зоны дроблений с системами оперяющих трещин. Если для центральных зон характерны родники с расходами 0,7—1,2 *л/сек* и суммарные водопритоки в выработки не превышают 1,2—7,2 *л/сек*, то в краевых зонах дробления удельные дебиты скважин составляют 0,8—4,5 *л/сек*. Минерализация подземных вод каменноугольных отложений до 0,5 *г/л*. По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, редко магниевые и натриевые. На отдельных участках, перекрытых неогеновыми глинами, в результате слабого водообмена и выщелачивания солей из глин воды приобретают повышенную минерализацию, достигающую 3,8 *г/л*. Воды в этом случае становятся сульфатно-хлоридными натриевыми.

В угленосных отложениях Белокаменского и Бобровского месторождений (Иртышская зона смятия) в результате окисления вкрапленных в водосодержащие породы кристаллов пирита формируются сульфатные воды с pH=6—6,3 и минерализацией до 2,3 *г/л*. Питание подземные воды получают за счет инфильтрации атмосферных осадков, подтока со стороны гипсометрически выше залегающих водоносных комплексов пород. Разгрузка происходит в виде родников по долинам рек и ручьев, в межгорных понижениях, у подножий склонов. Подземные воды каменноугольных отложений большей частью имеют хорошие питьевые качества и используются в течение всего года для водоснабжения ряда поселков и пастбищ. Наиболее целесообразно эксплуатировать их системой скважин, заложенных в тектонически раздробленных породах в понижениях рельефа.

7. Трещинные и трещинно-жильные воды верхнедевонских—нижнекаменноугольных отложений такырской свиты (D_3—C_1). Данные воды широко распространены в юго-западной части района на Калбинском хребте и в Южном Алтае. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми углисто-глинистыми сланцами, перемежающимися с зеленовато-серыми песчаниками. Иногда в понижениях они перекрыты неогеновыми глинами и четвертичными отложениями мощностью 80—100 *м*. На западе Калбинского массива, в левом борту долины Кызылсу, водосодержащие породы представлены известняками. Воды имеют чаще свободную поверхность, при водоупорном глинистом перекрытии они приобретают напор, достигающий 60 *м*. Глубина залегания уровня подземных вод до 20—70 *м*, в понижениях рельефа воды выклиниваются, образуя родники, мочажины. Как правило, водообильность пород неравномерная, расходы родников 0,1—4,5 *л/сек*, дебиты скважин 0,2—6 *л/сек* при понижениях уровня на 20—37 *м*.

В районах развития известняков водообильность увеличивается; здесь встречаются родники с расходами 2—12 *л/сек*. Наиболее обводнены породы в зонах разломов. Расходы родников на таких участках варьируют от 2—4 до 15 *л/сек*, дебиты скважин достигают 10—18 *л/сек* при понижениях уровня на 12—1,7 *м*. Так, из скважины в районе пос. Палатцы (Калбинский хребет) откачкой получено 10 *л/сек* при понижении 7,8 *м*, статический уровень установился выше поверхности земли на 1,8 *м* (см. каталог, скв. 25). У с. Никитинка из скважины глубиной 70 *м* откачивалось 14,7 *л/сек* при понижении уровня на 3,7 *м* и статическом уровне 1,8 *м*. Воды гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-натриевые с минерализацией 0,05—0,8 *г/л*. Общая жесткость 0,5—7,0 *мг·экв/л*.

Ряд родников на Южном Алтае и в пределах Калбинского массива из сланцев такырской свиты выводят радоновые воды; остальные микрокомпоненты содержатся в незначительных количествах. Колигитр часто повышен (3—250), что связано с загрязнением вод, залегаю-

щих близко от дневной поверхности, отходами животноводства; при использовании воды для питьевых целей требуется бактериологическая очистка. Питание вод происходит за счет атмосферных осадков, разгружаются они в понижениях рельефа. Наиболее интенсивно питание происходит в возвышенных приводораздельных частях Калбинского и Курчумского хребтов, где формируются ультрапресные воды. По мере уменьшения отметок, расчлененности рельефа и интенсивности питания минерализация вод постепенно повышается. Воды часто используются для водоснабжения небольших населенных пунктов и эксплуатируются при помощи каптажа родников и неглубокими колодцами. За счет вод зоны открытой трещиноватости организовано водоснабжение сел Самсоновка, Завидное, им. Ю. А. Гагарина, Донское и др.

8. Трещинные и трещинно-жильные воды средневерхнедевонских отложений кыстав-курчумской свиты (D_{2-3}). Данные воды распространены в Рудном и Южном Алтае. Водовмещающие толщи представлены метаморфическими сланцами, эффузивами и их туфами, кварцевыми альбитофирами, фельзитами, порфиритами, алевролитами, конгломератами и известняками. Зона открытой трещиноватости, обусловленная процессами выветривания, развита до глубины 20—30 *м*, по контактам пород с различными физико-механическими свойствами — до 50—70 *м*, по зонам нарушений — до 120—180 *м* и более. Интенсивность трещиноватости с глубиной уменьшается, что связано с ограничением деятельности выветривания и влиянием горного давления. Ширина обводненных тектонических зон небольшая и обычно не превышает 10—20 *м*. Фильтрационные свойства пород неравномерны. Наиболее проницаемы породы по простиранию, меньше — вкрест простирания. На водоразделах и склонах свободная поверхность трещинных вод залегает на [illegible] глубине, а у подножия склонов и в понижениях уровень воды подходит к дневной поверхности или выклинивается, образуя родники и мочажины. В долинах и небольших депрессиях, сложенных с поверхности глинистыми осадками, встречены воды с напором до 120 *м*. Расходы родников формируются за счет трещинно-грунтовых вод (0,1—3 *л/сек*), расходы скважин 0,07—3,4 *л/сек*, удельные дебиты 0,0001—0,2 *л/сек*.

На Лениногорском, Зыряновском и Белоусовско-Березовском рудных полях в пределах межгорных впадин и переуглубленных древних долинах имеется ряд самоизливающихся скважин с расходами 0,1—1,2 *л/сек*. Водообильность пород девона в пределах зон разломов неравномерна, наряду с сильно обводненными зонами (в пределах Лениногорского рудного поля водоприток в шахту на глубине 440 *м* составлял 22—25 *л/сек*, а на Белоусовском месторождении на глубине 19—39 *м* — 28—36 *л/сек*) встречаются слабо обводненные и практически сухие зоны (соединительный квершлаг между Березовским и Ново-Березовским месторождениями).

Воды зоны открытой трещиноватости отложений девона пресные, минерализация воды 0,02—0,6 *г/л*. Состав гидрокарбонатный кальциевый, реже гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый и натриевый. Общая жесткость до 5—8,5 *мг·экв/л*, микрокомпоненты содержатся в малых количествах. Воды пригодны для питьевых целей. Вблизи сульфидных месторождений в результате окисления сульфидов формируются сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатные воды с минерализацией до 3,3 *г/л*. В отдельных изолированных околорудных зонах формируются рудные кислые рассолы. Так, на Николаевском месторождении была вскрыта зона контакта рудного тела с вмещающими породами, содержащая застойные сульфатные натриевые воды с минерализацией до 212 *г/л*, pH меньше 4 и содержанием цинка до 17 *г/л*. В тече-

ние месяца эта зона была сдренирована, породы промыты подтекающими с окружающей площади пресными водами и минерализация их уменьшилась до 0,36 *г/л*.

Питание трещинные воды девона в естественных условиях получают за счет инфильтрации атмосферных осадков, в районах отрабатываемых месторождений — за счет поверхностных и аллювиальных вод. Поэтому вдали от речных долин при вскрытии обводненных трещиноватых зон горными выработками приток уменьшается в несколько раз, а иногда и прекращается, увеличиваясь лишь в период снеготаяния и выпадения дождей. Вблизи долин притоки из зон довольно большие и устойчивые за счет подпитывания водами аллювиального горизонта.

Трещинные воды девона используются для водоснабжения небольших населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов, эксплуатация осуществляется с помощью каптажа родников, колодцев и одиночными скважинными водозаборами с расходами до 1,5—7 *л/сек*.

9. Трещинные и трещинно-жильные воды отложений ордовика и силура (O, S). Данные воды имеют преимущественное распространение в Южном и Горном Алтае, а также на Рудном Алтае в районе г. Лениногорска и к северо-западу от него. Водовмещающими породами являются метаморфизованные толщи песчаников и сланцев с линзами гравелитов и конгломератов. Мощность открытой зоны трещиноватости от 20—30 до 40 *м*. Глубина залегания поверхности трещинных вод на склонах и водораздельных участках достигает первых десятков метров, а у подошв склонов и в понижениях воды находятся на глубине первых метров или же выходят на поверхность. Воды преимущественно безнапорные.

В районе г. Лениногорска породы в межгорной впадине перекрыты суглинками мощностью 40—55 *м* и содержат напорные воды с величиной напора до 40 *м*. Расходы родников 0,01—7,2 *л/сек*, чаще 0,1—2 *л/сек*, из зон нарушений в виде исключения до 7—22 *л/сек*. Расходы скважин 0,6—0,8 *л/сек* при понижениях уровня на 8,4—20,5 *м*, отдельные скважины практически безводные. Минерализация подземных вод незначительная и не превышает 0,4 *г/л*. Преобладающее количество водопунктов имеет минерализацию воды до 0,2 *г/л*. Низкая минерализация объясняется интенсивным водообменом, хорошей промытостью и слабой химической активностью горных пород в условиях высокогорного рельефа. По анионному составу воды гидрокарбонатные, катионный состав пестрый (кальциевый, магниевый, натриевый). Общая жесткость до 3 *мг·экв/л*.

Питание подземных вод осуществляется за счет атмосферных осадков. Разгрузка происходит в понижениях рельефа, реже на склонах и в бортах долин в виде родников и мочажин. В пределах развития описываемых подземных вод часто происходит образование небольших озер и заболоченностей непосредственно на реликтовых выровненных платообразных водоразделах хребтов Листвяга и Южный Алтай, что объясняется плохими фильтрационными свойствами отложений ордовика, незначительными уклонами поверхности, большим количеством атмосферных осадков и, возможно, наличием многолетней мерзлоты.

Ввиду слабой водообильности пород воды могут быть использованы для водоснабжения мелких населенных пунктов с помощью каптажа родников; устройство скважинных водозаборов нецелесообразно.

10. Трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Г, σ). Данные воды кислого и основного состава имеют в районе широкое распространение и приурочены к многочисленным интрузиям. Водовмещающими породами являются граниты,

гранодиориты, плагиограниты, диориты, габбро, амфиболиты и др. Наибольшую площадь занимают кислые интрузии гранитного состава. Породы основного и среднего состава имеют подчиненное распространение. Глубина залегания трещинных грунтовых вод достигает 60—70 *м*. В с. Выдриха две скважины вскрыли их на глубинах 22,5 и 32 *м*, уровень воды установился на глубинах 13,5 и 21,2 *м* (см. каталог, скв. 8). Воды в основном со свободной поверхностью, на склонах и в понижениях рельефа в результате подпора перекрывающими глинами и суглинками приобретают напор до 15—25 *м*. Водообильность пород невысокая. Преимущественное распространение имеют родники с дебитом 0,1—0,7 *л/сек*. Родники, приуроченные к зонам тектонических разломов, имеют расход до 30 *л/сек*. Расходы скважин 0,2—3 *л/сек* при понижениях уровня на 10—35 *м*, отдельные скважины практически безводные.

Из скважин, вскрывающих тектонически нарушенные обводненные породы, откачивается воды до 15 *л/сек*. Воды пресные гидрокарбонатные кальциевые и натриевые, в массивах основного и ультраосновного состава магниевые и кальциево-магниевые с минерализацией до 0,5 *г/л*, реже больше. Общая жесткость вод 2,5—3,4 *мг·экв/л*. В водах, связанных с гранитами калбинского типа, распространенных в пределах Калбинского массива и Южного Алтая, отмечается содержание радона.

В Горном Алтае из разломов в гранитных интрузиях калбинского типа через ледниковые отложения, выполняющие долину р. Арасанки, на берегу оз. Рахмановского выходят родники с горячей водой (+41° С), известные под названием Рахмановские ключи.

Питание трещинных и жильных вод интрузивных пород происходит за счет атмосферных осадков, разгрузка осуществляется в виде родников на склонах и в понижениях рельефа, часто воды перетекают в гипсометрически ниже расположенные водопроницаемые породы. Воды интрузивных пород используются для водоснабжения мелких населенных пунктов в горной части с помощью каптажа родников и колодцами, во впадинах и на равнинах — скважинами; на базе Рахмановских ключей функционирует курорт.

В селах Бакенное и Таинты воды эксплуатируются скважинами с расходами 7,5 и 2,4 *л/сек* при понижениях уровня на 5 и 0,8 *м*. Качество воды хорошее.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды в пределах Алтайского района формируются повсеместно. Источником питания их являются исключительно атмосферные осадки, а также талые воды ледников и снежников. Областями питания, транзита и разгрузки являются горноскладчатые массивы, сложенные трещиноватыми палеозойскими породами. Накопление запасов подземных вод происходит в тектонических межгорных впадинах и долинах крупных рек, выполненных мощной толщей аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений. Сам процесс формирования, определяемый сочетанием рельефа, климата, геологических структур, состава и состояния разрушенности слагающих их горных пород, на разных участках района протекает по-разному. В Алтайском районе широко проявляется вертикальная ландшафтно-климатическая зональность, выраженная в увеличении количества атмосферных осадков и сокращении испарения при повышении гипсометрических уровней поверхности и смене одних типов растительности другими. Одновременно с ростом абсолютных отметок поверхности увеличивается

расчлененность рельефа и сдренированность трещиноватой зоны пород, уменьшается мощность рыхлого перекрывающего чехла и увеличивается обнаженность пород.

В высокогорных и среднегорных областях района в условиях влажного климата развита древесная и кустарниковая растительность, которая играет положительную роль в водном балансе территории, предохраняя накопленные в зимнее время запасы снега от сдувания. Здесь в условиях высокой влажности и обнаженности скальных пород создается повышенный потенциал питания подземных вод. Однако, несмотря на это, существенных запасов подземных вод не образуется, так как густая и глубокая расчлененность рельефа обусловливает сильную дренируемость водосодержащих пород. Инфильтрующиеся в зону региональной трещиноватости атмосферные осадки создают в ней разобщенные подземные потоки, которые, пройдя весьма короткие пути фильтрации, большей частью разгружаются в пределах местных водосборных бассейнов в виде родников, заболоченностей и мочажин, в свою очередь формирующих поверхностный сток за пределы водосбора. Благодаря неравномерному распределению атмосферных осадков во времени для этих участков характерна значительная изменчивость величины подземного стока (от долей литра до нескольких и даже первых десятков литров в секунду с 1 $км^2$).

В пределах низкогорного рельефа атмосферных осадков выпадает значительно меньше, однако сравнительно слабо расчлененная поверхность рельефа обусловливает интенсивность процессов фильтрации и невысокую дренированность пород, что создает благоприятные условия для накопления иногда значительных запасов подземных вод. Этому же способствует и наличие рыхлого чехла, имеющего большое распространение и мощность.

Формирование химического состава подземных вод подчинено той же закономерности. В высоко- и среднегорных областях с сильно расчлененным рельефом подземные воды находятся в условиях интенсивного водообмена благодаря коротким путям фильтрации, низкой температуре и промытости отложений. В этих условиях формируются ультрапресные воды с минерализацией до 0,2 *г/л*. Воды обладают сильной выщелачивающей углекислой агрессивностью из-за несоответствия между свободной углекислотой и углекислым кальцием в воде. Низкая минерализация вод связана также со слабой химической активностью водовмещающих пород, значительная часть которых в высокогорных массивах представлена интрузиями. Ультрапресные сильно агрессивные воды приурочены к приводораздельным частям всех высокогорных хребтов. По мере снижения абсолютных отметок и уменьшения расчлененности рельефа увеличиваются пути фильтрации подземных вод, в результате углекислотного выветривания водовмещающих пород воды обогащаются гидрокарбонат-ионом и кальцием, а общая минерализация их повышается до 0,5 *г/л*. При этой минерализации агрессивная углекислота полностью расходуется на выщелачивание кальция из водовмещающих пород. При дальнейшем увеличении минерализации содержание гидрокарбонат-иона остается постоянным или уменьшается, что, по-видимому, связано с частичным выпадением гидрокарбонатов из раствора в осадок. С этого момента формирование химического состава подземных вод происходит преимущественно за счет обогащения ионами сульфата, натрия, в меньшей мере — хлора, магния и кальция.

Содержание сульфат-иона связано либо с загипсованными породами, либо главным образом с сульфидной минерализацией палеозойских пород, а присутствие хлор-иона связано с массивами метаморфических пород, хлорито-серицитовых сланцев и др., которые содержат

вторичные хлористые соединения. Повышенное содержание хлор-иона также зачастую отмечается в трещинно-грунтовых водах, связанных с сульфидными месторождениями полезных ископаемых или с участками гидротермально измененных пород.

В катионном составе трещинно-грунтовых вод преобладает кальций. Его содержание часто превышает 50%-*экв* от суммы всех катионов. Повышенное содержание магния часто связано с изверженными породами основного состава. Воды зон тектонических нарушений — трещинно-жильные, во всех случаях на исследованной территории характеризуются интенсивным водообменом и низкой минерализацией, в редких случаях превышающей 0,5 *г/л*. Эти воды чаще всего гидрокарбонатные кальциевые, и на формирование их химического состава оказывают влияние те же факторы, что и на трещинно-грунтовые воды.

Некоторым своеобразием отличается формирование подземных вод Иртышской и Северо-Восточной зон смятия. Иртышская *зона смятия* протягивается от высокогорных хребтов Южного Алтая в северо-западном направлении через предгорные равнины Алтая в Западно-Сибирский артезианский бассейн широкой полосой (до 5—15 *км*) в различной степени измененных, рассланцованных и раздробленных пород палеозойского возраста. Относительно гидрогеологического значения Иртышской зоны смятия нет единого мнения. Одни исследователи считают, что она не имеет никаких гидрогеологических особенностей. Связан этот взгляд с тем, что на определенных участках Иртышская зона смятия вскрывается сетью горных выработок на глубину до 300 *м* и на значительной площади, причем повышения водообильности пород не отмечается (месторождения Белоусовское, Березовское, Николаевское и др.). Объяснение этому факту находят в древнем заложении зоны смятия и в полной кальматации и залеченности ее трещин. Другие исследователи считают, что отдельные участки зоны смятия обладают повышенными фильтрационными свойствами, а сама зона служит одним из выводящих протоков подземного стока с Алтая в Западно-Сибирский артезианский бассейн. Подтверждением этого взгляда служит уменьшение на 20 *м*^{3}/*сек* меженного стока р. Иртыша на участке между створами г. Усть-Каменогорска и пос. Старая Шульба, где правый борт долины реки вплотную подходит к Иртышской зоне смятия.

Гидрогеологической съемкой, проведенной на одном из участков Иртышской зоны смятия в пределах северного склона Нарымского хребта (верховье р. Джалтырсу), в раздробленных гранито-гнейсах установлена серия многодебитных родников, расходы которых достигали 20 *л/сек*, несмотря на засушливое лето 1968 г. С указанной зоной смятия связаны, по-видимому, и родники северного склона Курчумского хребта, юго-восточнее пос. Буробай, имеющие дебит до 21 *л/сек*.

Северо-Восточная зона смятия протягивается от Южного Алтая в север-северо-западном направлении, где, разбиваясь на серию мелких нарушений, уходит за пределы описываемой территории в Горный Алтай. Сложена она преимущественно породами девона и имеет ветвистое строение при крайне невыдержанной ширине (от нескольких до многих десятков километров) рассланцованных и раздробленных пород. На поверхности Северо-Восточная зона смятия контролируется более разработанной зоной трещиноватости и серией родников, хотя ни по дебитам, ни по химическому составу последние не выделяются среди родников окружающей территории. Повышенная обводненность некоторых нарушений западной ветви указанной зоны смятия выявлена на глубине 200—400 *м* горными выработками Лениногорских рудников. Так, сильно обводненное нарушение подсечено стволом одной из

шахт на глубине 440 *м* от поверхности. Водоприток составил 22—25 *л/сек*, и при интенсивной откачке в течение месяца существенной сработки его не наблюдалось Пьезометрический уровень установился выше уреза воды в реках Ульбе и Позднеопаловке, что свидетельствует об удаленной и высоко расположенной области питания.

О роли подземного стока с Алтая в питании меловых водоносных горизонтов Западно-Сибирского артезианского бассейна имеются высказывания в ряде работ, посвященных формированию подземных вод этого бассейна (Егоров, 1958б, 1960).

Формирование порово-пластовых грунтовых вод четвертичных отложений аллювиального, делювиально-пролювиального, водно-ледникового генезиса в Алтайском районе имеет некоторые особенности. Для этого района в целом характерны плохая сортировка материала и преобладание в разрезе крупнообломочных фракций. Водовмещающие породы (галечные, гравийно-галечные, валунно-галечные отложения, пески), обладающие очень хорошей фильтрующей способностью, обеспечивают весьма интенсивно проходящий водообмен, с чем связана низкая минерализация подземных вод (0,3—1 *г/л*). Увеличение минерализации по сравнению с трещинными и трещинно-жильными водами, видимо, обусловлено процессами выщелачивания солей из водовмещающих пород. Химический состав пород в основном гидрокарбонатный кальциевый, реже магниевый и натриевый.

Глава VI

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЦЕНТРАЛЬНО-КАЗАХСТАНСКОГО РАЙОНА (ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ С СИСТЕМАМИ БАССЕЙНОВ ТРЕЩИННЫХ ВОД И МЕЖГОРНЫХ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ)

Центрально-Казахстанский гидрогеологический район входит в пределы Восточного Казахстана юго-восточной частью. На западе, юге и юго-востоке он распространяется за пределы Восточного Казахстана. На северо-западе к району примыкает Западно-Сибирская платформенная артезианская область (Иртышский артезианский бассейн), на северо-востоке он граничит с Алтае-Саянской гидрогеологической складчатой областью.

По гидрогеологическим условиям Центрально-Казахстанский район подразделяется на ряд бассейнов трещинных вод и межгорных артезианских бассейнов. В качестве районов второго порядка здесь выделены: Саур-Тарбагатайский сложный бассейн трещинных вод, Чингиз-Жарминско-Балхашский сложный бассейн трещинных вод, Зайсанский межгорный артезианский бассейн и Алакольский межгорный артезианский бассейн.

1. САУР-ТАРБАГАТАЙСКИЙ РАЙОН (СЛОЖНЫЙ БАССЕЙН ТРЕЩИННЫХ ВОД)

Район располагается на крайнем юго-востоке Казахской складчатой страны и представляет собой систему горных хребтов в основном северо-западной ориентировки с разделяющими их сравнительно небольшими межгорными впадинами. На северо-востоке и юго-западе он граничит с Зайсанской и Алакольской крупными межгорными впадинами, на востоке и юго-востоке выходит за пределы описываемой территории; на северо-западе сочленяется с Центрально-Казахстанским мелкосопочником.

В административном отношении район занимает южные части Семипалатинской и Восточно-Казахстанской областей.

Район представляет собой горную страну, основные хребты которой — Саур (до 3816 *м*), Манрак (до 2053 *м*), Тарбагатай (до 2992 *м*) и Сайкан (2300 *м*) — разделены глубоко врезанными межгорными долинами и впадинами (Чиликтинской, Кендерлыкской и Джеменейской) с абсолютными отметками поверхности от 1000 до 1600 *м*. Общее снижение отметок происходит в западном, северном и южном направлениях.

Наиболее крупными реками района являются Аягуз, Базар, Карбога, Тебезге, Джеменей, Кандысу, стекающие с северных склонов хребтов, и Урджар, Хатынсу, Кусак, Текебулак, Каргалы, берущие начало на южных склонах.

Климат района резко континентальный. Количество выпадающих атмосферных осадков изменяется от 180—400 *мм* в год в предгорьях и Чиликтинской впадине до 700—800 *мм* в год на водораздельных частях хребтов. Мощность снежного покрова достигает 1—1,5 *м*.

Район сложен преимущественно палеозойскими (ордовик, силур, девон, карбон) осадочно-эффузивными породами, прорванными местами интрузиями различного состава Все эти породы сильно дислоцированы, метаморфизованы и пересекаются многочисленными трещинами и разломами преимущественно северо-западного направления Мезозойские образования встречаются только в Кендерлыкской мульде и представлены фациально изменчивым комплексом континентальных отложении триаса и юры, возможно, мела (?) — конгломератами, песча-

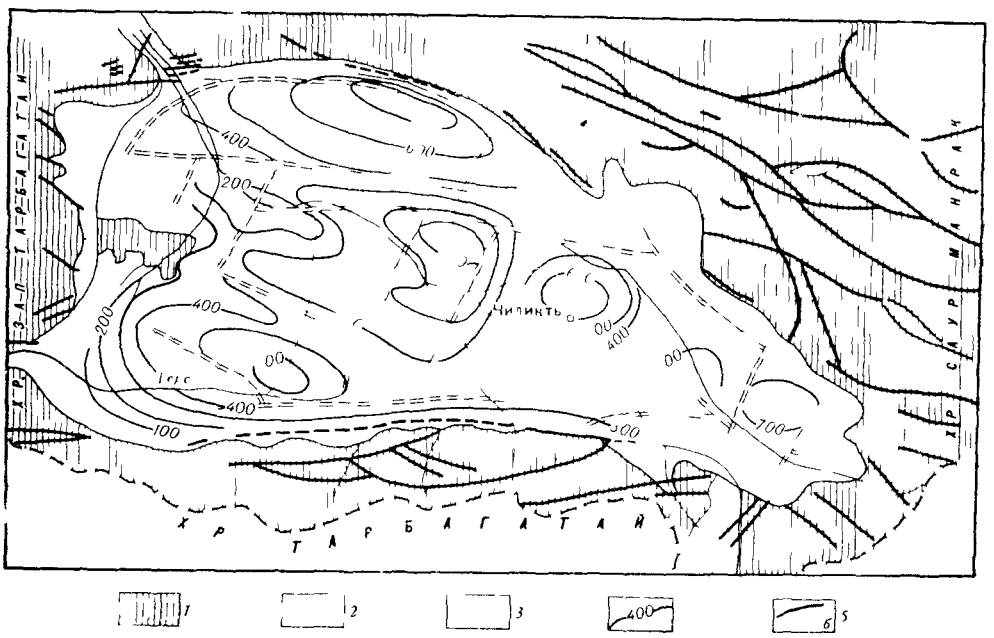


Рис 24 Структурная схема Чиликтинского артезианского бассейна (составлена по материалам И В Климовской)

1 — выходы палеозойских пород на дневную поверхность *2* — выходы неогеновых глин на дневную поверхность *3* — площадь распространения кайнозойских отложений *4* — изопахиты кайнозойских отложений по геофизическим данным *5* — линии тектонических нарушений (*а* — установленные, *б* — предполагаемые)

никами, алевролитами, аргиллитами с прослоями и линзами горючих сланцев, каменных углей и известняков общей мощностью 1500—1800 *м*

Кайнозойские отложения распространены почти повсеместно, за исключением высокогорных участков, и имеют весьма изменчивую мощность На большей части территории района чехол кайнозойских отложении состоит из рыхлых плохо сортированных, неокатанных и слабо окатанных обломков скальных пород с супесчаным и суглинистым заполнителем. Мощность отложений четвертичного возраста различного генезиса — в основном делювиально-пролювиального и пролювиально-элювиального, — как правило, не превышает нескольких метров, в межгорных впадинах и у подножия гор мощность этих отложений значительно увеличивается. Наибольшей мощности кайнозойские отложения достигают в Чиликтинской межгорной впадине, где по геофизическим данным мощность их около 700—800 *м* (рис. 24) Нижняя часть разреза отложений, выполняющих эту впадину, не вскрыта В основании изученной части разреза залегают глины неогена, мощность которых достигает 400 *м*, с прослоями песков в верхней части (вторушкинская

свита); мощность песчаных прослоев исчисляется десятками метров. Выше залегает мощная толща (до 100 *м*) четвертичных отложений, сложенная валунно-галечным, песчано-галечным и суглинисто-щебенистым материалом. Для этой толщи характерны литологическая изменчивость и отсутствие выдержанных по простиранию прослоев. В остальных крупных мульдах — Кендерлыкской и Джеменейской — отложения кайнозоя имеют незначительную мощность, а на некоторых участках отсутствуют.

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В районе распространены следующие водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения (см. гидрогеологическую карту): 1) водоносный горизонт верхнечетвертичных — современных аллювиальных отложений (al Q_{III-IV}); 2) водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных, преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (apl$Q$); 3) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и элювиально-делювиального) генезиса (Q_{II-III}); 4) водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты (N_2vt); 5) водоносный комплекс верхнепалеозойских и мезозойских отложений (Pz_3—Mz); 6) трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложений (C); 7) трещинные и трещинно-жильные воды средне-верхнедевонских отложений (D_{2-3}); 8) трещинные и трещинно-жильные воды отложений ордовика и силура (O, S); 9) трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Г, σ).

1. Водоносный горизонт верхнечетвертичных — современных аллювиальных отложений (alQ_{III-IV}). Данный горизонт развит в долинах горных рек Аягуз, Базар, Карбога, Тебезге, Джеменей, Уйдене, Кандысу, Кендерлык, Урджар, Маканчи и др. Водовмещающими породами являются валунно-галечные и гравийно-песчаные отложения, мощность которых изменяется от 2—4 до 20—23 *м*, в среднем составляя 5—6 *м*. Подземные воды залегают на глубине до 4—5 *м*; верхняя безводная часть разреза сложена лёссовидными суглинками с редким включением щебня. Ложем горизонта в пределах горных участков служат скальные породы палеозоя, а в пределах межгорных впадин — глины павлодарской свиты неогена (рис. 25).

Подземные воды, как правило, образуют сплошной грунтовый поток, направление движения которого в основном совпадает с направлением течения рек. Ширина потоков обычно не превышает 150—200 *м*.

Дебиты скважин, вскрывающих воды аллювия, от 0,3 до 7,8 *л/сек* при величине понижения соответственно 0,9 и 7,5 *м*. Расходы некоторых родников достигают 10—13 *л/сек*. Средние значения коэффициентов фильтрации водовмещающих пород 40—60 *м/сутки*. По качеству воды пресные и ультрапресные с плотным остатком от 0,15 до 0,5—0,7 *г/л*. В химическом составе их преобладают гидрокарбонат-ион и кальций. Содержание свободной углекислоты находится в пределах 16—63 *мг/л*. Общая жесткость 2,1—7,3 *мг·экв/л*. Реакция воды в большинстве случаев кислая или близкая к нейтральной. Питается водоносный горизонт в основном за счет фильтрации поверхностных вод и частично трещинными водами палеозоя. Благодаря хорошей водопроницаемости ал-

* По этой причине данный водоносный горизонт на прилагаемой к тому гидрогеологической карте не отражен.

лювиальных отложений между поверхностными и подземными водами существует прямая гидравлическая связь. В связи с этим режим грунтовых вод зависит от режима поверхностных водотоков; в период весеннего половодья рек уровень грунтовых вод заметно повышается, а затем постепенно снижается и достигает минимальной отметки в зимние месяцы.

Эксплуатировать воды можно путем устройства колодцев и мелких скважин глубиной до 20—25 *м*, а также каптажом родников.

2. Водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных, преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (aplQ). Этот комплекс широко распространен в Чиликтинской впадине. Водовмещающими породами являются гравийно-галечные отложения с валунами, дресвой, щебенкой и супесью. Воды аллювиально-пролювиальных отложений по всей впадине образуют сплошной поток подземных вод со свободной поверхностью и значительным уклоном зеркала в сторону ее центральной части. Подстилается комплекс повсеместно водоупорными глинами неогена. Мощность водонасыщенной части изменяется в значительных пределах, достигая местами 70—80 *м*, и в среднем составляет 30—50 *м* (см. каталог, скв. 51). Залегающая с поверхности безводная часть комплекса сложена суглинками мощностью от 1—10 до 15—17 *м*. Глубина залегания уровня воды в предгорной полосе составляет 50—70 *м*, а в центральной части впадины подземные воды выклиниваются в виде многочисленных родников, суммарный расход которых превышает 4 *м*³/*сек*.

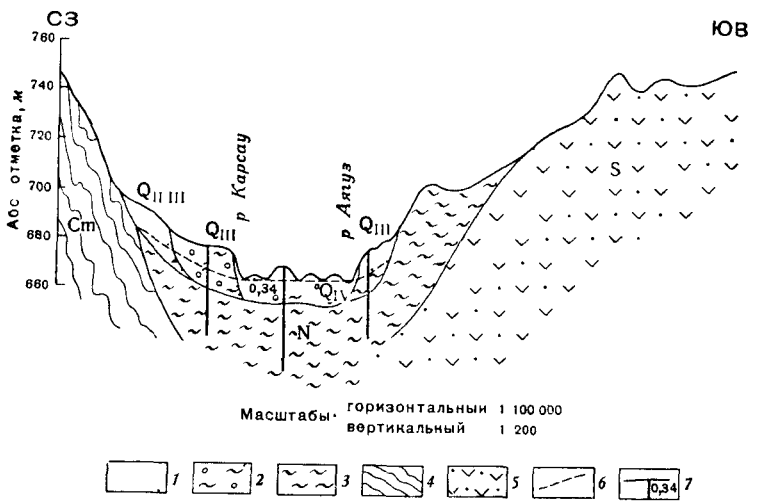


Рис 25 Геолого-гидрогеологический разрез р Аягуз выше г Аягуз (Чингиз-Жарминско-Балхашский район) (составил Ф К Кабиев)

1 — пески, реже супеси, *2* — гравийно-галечные отложения, участками за глинизированные *3* — глины, *4* — кристаллические сланцы, кварциты, яшмокварциты, *5* — эффузивы *6* — уровень подземных вод *7* — скважины и расход грунтового потока (в *м*³/*сек*)

Водообильность комплекса находится в прямой зависимости от литологического состава водовмещающих пород, условий их питания и разгрузки. Так, расходы скважин, вскрывающих песчано-галечные отложения, обычно не превышают 1—2 *л*/*сек* при понижении уровня воды на 7—14,5 *м*. Скважины же, заложенные на участках распространения хорошо отсортированных и промытых гравийно-галечных отложений, при откачках дали расходы от 3,2 до 5 *л*/*сек* при соответствующих по-

нижениях уровня воды на 2,5 и 1,8 *м*. Дебиты родников, приуроченных к различным литологическим разностям пород, колеблются от 0,2 до 6 *л/сек*.

Грунтовые воды повсеместно отличаются хорошими питьевыми качествами. Общая минерализация их обычно не превышает 0,7—1 *г/л*. По солевому составу они относятся к гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-магниевым Общая жесткость не более 4,9 *мг·экв/л*.

Питание водоносного комплекса осуществляется за счет поверхностного стока р. Чаган-Обо и других более мелких рек, а также путем инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на площади его распространения. Воды используются в настоящее время для водоснабжения животноводческих ферм и с. Чиликты. Они могут быть использованы значительно шире с помощью скважин глубиной от 40—50 до 150—200 *м*, а в центральной части впадины шахтными колодцами.

3. Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и элювиально-делювиального) генезиса (Q_{II-III}). Данные воды распространены по периферийной предгорной части Чиликтинской впадины.

Водовмещающими породами являются валунно-галечные и галечниково-щебенистые отложения с песчано-глинистым и участками глинистым заполнителем. Мощность водонасыщенной части горизонта до 30—40 *м* при общей мощности водовмещающих пород до 160 *м* и более. Подстилаются они в основном красноцветными плотными глинами неогена, а на некоторых участках — породами палеозоя. Сложность рельефа подстилающего ложа, неравномерная глинизация водовмещающих пород, а также значительная приподнятость участков развития последних приводят к спорадичности распространения подземных вод.

Грунтовые воды обычно образуют отдельные разобщенные потоки со свободной поверхностью и значительным уклоном в сторону центральной части впадины. Глубина залегания их в зависимости от рельефа местности изменяется от нескольких десятков до 100 *м* и более Расходы скважин не превышают 1,3—1,5 *л/сек* при понижении до 15 *м* Дебиты родников колеблются от 0,3—3 до 8 *л/сек* Воды гидрокарбонатные, редко сульфатно-хлоридные кальциевые и магниевые с минерализацией 0,3—1 *г/л*, реже 1,65 *г/л* Значение общей жесткости находится в пределах 3,7—17,8 *мг·экв/л* Питаются подземные воды за счет поверхностного стока, подтока трещинных вод палеозоя и инфильтрации атмосферных осадков.

Практическое значение описываемых подземных вод ограниченно. На участках с близким залеганием их можно эксплуатировать с помощью скважин глубиной 50—100 *м*.

4. Водоносный комплекс плиоценовых отложений второшкинской свиты (N_2vt). Данный комплекс вскрыт скважинами в Чиликтинской впадине Водовмещающими породами являются пески и гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, залегающие в виде прослоев и линз в толще глин. Мощность их изменяется от 2—8 до 20—25 *м*. Глубина залегания напорных вод на периферийной части впадины составляет 40—50 *м*, а на участке с. Чиликты (центральная часть) достигает 90 *м* и более. Величина напора от 20—35 до 115 *м* и более. При этом уровни воды устанавливаются на глубинах 5—25 *м* от поверхности, а иногда на 15 *м* и более выше поверхности земли. Расходы скважин 1,9—2 *л/сек* при понижении уровня на 16—20 *м*. Одна скважина, заложенная в центральной части впадины у с Чиликты, дала воду в количестве 17,5 *л/сек* при самоизливе.

Минерализация вод изменяется от 0,3 до 1,65 *г/л*. По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные, реже хлоридные со значительным содержанием сульфат-иона; в катионном составе преобладают кальций и магний. Жесткость не превышает 12 *мг·экв/л*.

Питание подземных вод происходит в предгорной полосе главным образом за счет перетекания грунтовых вод из вышележащих водоносных горизонтов. Движение потока направлено от гор к центру впадины.

Напорные воды вторушкинской свиты можно использовать для водоснабжения небольших животноводческих ферм, эксплуатируя их при помощи скважин глубиной до *100—150 м*.

Водоупорные глины павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$) обнажаются в урочище Булансубулак, в Чиликтинской впадине (см. каталог, скв. 50), а также в долине р. Аягуз юго-западнее гор Акжайляу. Кроме того, они вскрыты целым рядом скважин, пробуренных на различных участках описываемого района. Так, в долине урочища Булансубулак (Западный Тарбагатай) полная мощность глин у бортов долины 10—25 *м*, к центральной ее части она постепенно увеличивается и достигает 90 *м* и более. Вся толща глин практически безводная.

В Чиликтинской впадине глины желтого и желтовато-красного цвета, очень плотные, вязкие, с редкими гнездами гипса и кальцита диаметром до 1 *см*. Мощность их превышает 400 *м*.

5. Водоносный комплекс верхнепалеозойских и мезозойских отложений ($Pz_3—Mz$). Данный комплекс развит в основном в Кендерлыкской и Джеменейской мульдах. Отдельные небольшие участки его распространения известны также на северном склоне хребта Сайкан, на южном склоне хребта Манрак и в ряде мелких межгорных понижений типа грабенов. Настоящий комплекс объединяет водоносные отложения верхнекарбонового — пермского, триасового, юрского, и, возможно, мелового возраста (?).

Водовмещающими породами являются различные сцементированные породы: песчаники, конгломераты, сланцы, алевролиты и аргиллиты с линзами и прослоями горючих сланцев, а также с пластами каменного угля. Эти отложения либо выходят на дневную поверхность в бортовых частях структур, либо вскрываются скважинами в их погруженных частях. Подземные воды в основном приурочены к верхней наиболее трещиноватой зоне пород, мощность которой достигает 50—60 *м*.

В пределах Кендерлыкской мульды кроме вод зоны открытой трещиноватости отмечаются также пластово-трещинные воды, приуроченные к прослоям и пластам окремненных песчаников. Количество водоносных пластов в разрезе мульды достигает восьми-девяти при мощности от 0,4 до 3,5 *м*. Так, на юго-западном крыле ее в водоносных песчаниках верхнего карбона, вскрытых под отложениями перми на глубинах до 120 *м*, распространены напорные воды. Расход при самоизливе из скважины на уровне земли составляет 3,2 *л/сек*. Дебиты же родников, приуроченных к указанным песчаникам, колеблются от 0,1—0,2 до 1 *л/сек* Воды по солевому составу гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые с минерализацией от 0,4 до 0,9 *г/л*; общая жесткость в пределах 3,2—6,8 *мг·экв/л*.

Другие литологические разности пород Кендерлыкской мульды, несмотря на одинаковые условия питания с окремненными песчаниками, либо весьма слабо водообильны, либо практически безводны. Так, притоки в шурфы глубиной до 3—5 *м*, пройденные в зоне трещиноватости конгломератов, составляли 0,02—0,007 *л/сек*; ниже порода обычно монолитная. Расход воды из шурфа, вскрывающего трещиноватые сланцы, при понижении статического уровня на 1 *м* не превышал

0,004 *л/сек*, при этом глубина выработки составляла 1,6 *м*. Слабо обводнены также пласты каменного угля, притоки воды в наклонные шурфы глубиной до 20 *м* обычно не превышают 0,15 *л/сек* и при дальнейшей проходке снижаются до 0,08—0,05 *л/сек* Воды, связанные с угольными пластами, отличаются повышенной минерализацией, достигающей 3—5 *г/л*, при общей жесткости от 15,7 до 26,4 *мг·экв/л* Разрывная тектоника как в Кендерлыкской, так и в Джеменейской мульдах развита слабо и в целом не играет заметной роли в обводнении описываемых отложений Удельные дебиты скважин, пересекающих пережимы слоев, сопровождаемые разрывами со сдвигом, не превышают 0,002—0,001 *л/сек*

Однако на отдельных участках района с интенсивным развитием дизъюнктивных нарушений обводненность пород комплекса заметно увеличивается Так, осадочные породы, слагающие грабен на южном склоне хребта Манрак, сильно раздроблены, рассечены многочисленными трещинами и смяты в узкие складки, что создает благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков и накопления подземных вод неглубокого залегания (3—13 *м*). Наиболее водообильными породами на этом участке являются песчано-глинистые сланцы Притоки воды в шурфы, пройденные по этим породам, глубиной 12—21 *м* с квершлагами общей протяженностью до 64 *м* составили 0,23, 0,55 и 0,7 *л/сек* при понижении уровня воды соответственно на 4,3, 7,4 и 13 *м*, при вскрытии сильно трещиноватых зон наблюдались кратковременные притоки с расходом до 1,25 *л/сек* Качество подземных вод хорошее, плотный остаток 0,4—1,7 *г/л*, жесткость 3,6—16,8 *мг·экв/л*

Питание подземных вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также путем подтока вод из других водоносных горизонтов Разгрузка осуществляется в эрозионных врезах и долинах мелких рек в виде родников нисходящего типа

Подземные воды комплекса пригодны для питья и хозяйственно-бытовых нужд, за исключением вод, связанных с угольными пластами

б Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложений (С). Данные воды распространены в районе наиболее широко. Водовмещающими породами являются преимущественно эффузивно-осадочные породы, представленные разнообразными порфиритами, порфирами, туфами, алевролитами, песчаниками, конгломератами и глинистыми сланцами с линзами и прослоями окремненных известняков Все эти породы сильно дислоцированы и в различной степени трещиноваты. Подземные воды циркулируют по системе таких взаимно пересекающихся трещин, ширина которых колеблется от долей миллиметра до 2—4 *см* Мощность трещиноватой зоны при этом достигает 60—80 *м* Значение коэффициента трещиноватости для пород Западного Тарбагатая находится в пределах 0,7—1,1% (Мухамеджанов и др., 1965).

Глубина залегания зеркала подземных вод на различных участках района изменяется от 0 до 50—60 *м* в зависимости от расчлененности рельефа, степени трещиноватости водовмещающих пород и положения последних по отношению к местным дренам. Воды безнапорные или обладают небольшими местными напорами на участках, перекрытых глинами Так, скважина, заложенная в межгорной долине Сарсазан (Западный Тарбагатай), вскрыла под красно-бурыми плотными глинами павлодарской свиты в трещиноватых порфиритах среднего карбона напорные воды на глубине 23 *м* с величиной напора 20,5 *м* от кровли водоносного горизонта

Водообильность пород довольно низкая. Так, дебит той же скважины при понижении уровня воды на 6,6 *м* составил всего лишь

1 *л/сек*. Расходы многих родников, особенно расположенных в пределах низкогорной зоны Саур-Тарбагатая, составляют 0,1—0,2 *л/сек* и только в зонах тектонических нарушений достигают 1,5—4,5 *л/сек*. Повышенные расходы (до 10—18 *л/сек*) имеют родники высокогорной зоны хребтов, где количество выпадающих за год атмосферных осадков увеличивается до 600—700 *мм*. Коэффициенты фильтрации пород достигают 1,5 *м/сутки*.

Подземные воды преимущественно пресные с сухим остатком от 0,2- 0,6 до 1 *г/л*, и только на отдельных участках минерализация их достигает 1,5—1,6 *г/л*. Состав вод в основном гидрокарбонатный, сульфатно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный с преобладанием в составе катионов натрия и кальция (см. гидрогеологическую карту). Такой специфический, не обычный для горного района химический состав подземных вод, по-видимому, объясняется присутствием в составе водовмещающих пород кристаллов пирита и других соединений серы. Жесткость воды изменяется от 5,12 до 12,1 *мг·экв/л* и в среднем составляет 7—8 *мг·экв/л*. По величине водородного показателя реакция ее нейтральная или слабо щелочная (pH=7—7,6). Значение свободной углекислоты, содержание которой определено непосредственно у водопунктов, изменяется от 82 до 180 *мг/л*.

В Западном Тарбагатае в долине речки Кельды-Мурат через аллювиальные отложения выходит группа очень малодебитных родников, воды которых содержат свободную углекислоту. Выходы вод образуют характерные травертины. Содержатся они, по-видимому, в известняках карбона (?). В некоторых пробах, взятых в пределах хребта Тарбагатай, обнаружены также SiO_2 (4,2—8,4 *мг/л*), NO_3 (1,3—10 *мг/л*) и NO_2 (0,01—0,15 *мг/л*). Из микрокомпонентов по данным спектрального анализа сухих остатков встречаются (в *мкг/л*): титан (13,5—13,7), барий и молибден (9—63), реже медь (0,6—2,8).

Питание подземных вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и в меньшей степени за счет подтока из других горизонтов, в связи с чем режим подземных вод в разрезе года не постоянен. Наибольшие расходы родников и наиболее близкое к дневной поверхности залегание уровня вод обычно отмечаются весной в период снеготаяния и паводков, в зимнее же время расходы родников значительно сокращаются, а уровень понижается. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод при этом достигает 1 *м*

Воды зоны открытой трещиноватости карбона широко используются для различных нужд отгонного животноводства.

7. Трещинные и трещинно-жильные воды средневерхнедевонских отложений (D_{2-3}). Данные воды распространены в водораздельной части Саур-Тарбагатайских гор. Водовмещающими породами являются песчаники, сланцы, алевролиты с прослоями и линзами известняка, диабазы, порфириты, альбитофиры и их туфы. Породы сильно дислоцированы, рассечены многочисленными трещинами выветривания и тектоническими нарушениями, способствующими инфильтрации атмосферных осадков. Глубина распространения трещиноватой зоны достигает 70—100 *м*, а в зонах тектонических нарушений увеличивается до 150 *м* и более. Ниже обычно залегают монолитные, практически безводные породы. Глубина залегания подземных вод в зависимости от рельефа местности изменяется от 0—1,5 до 40—50 *м*. Средняя мощность водонасыщенной зоны не превышает 25—30 *м*. Коэффициент трещиноватости для пород Западного Тарбагатая составляет 5—6%, а коэффициент водоотдачи 0,01 (Мухамеджанов и др., 1965).

Воды в основном безнапорные и только на участках, где коренные породы перекрыты водоупорными глинами, они приобретают напор Так, скважина, пробуренная в западной части межгорной долины Булансубулак, вскрыла под глинами павлодарской свиты на глубине 29 *м* напорные трещинные воды, приуроченные к глинисто-хлоритовым сланцам девона, с пьезометрическим уровнем на высоте 2 *м* выше поверхности земли

Водообильность средне-верхнедевонских отложений невысокая Дебиты большинства родников в среднем составляют 0,25—0,5 *л/сек* Родники, приуроченные к тектоническим разломам и зонам контактов различных литологических разностей, обладают несколько повышенными расходами, которые местами достигают 1,5—2 *л/сек* Скважина, пробуренная в урочище Булансубулак, дала самоизливающуюся воду в количестве 3 *л/сек*

По качеству воды пресные с минерализацией 0,27—0,57 *г/л*, реже 0,7—1 *г/л* Состав их гидрокарбонатно сульфатный, из катионов преобладают кальций и натрий Общая жесткость не превышает 8—9,4 *мг·экв/л* Содержание свободной углекислоты в водах некоторых родников достигает 196—246 *мг/л* Значение pH изменяется от 6,8 до 7,2—7,4 Из микрокомпонентов почти во всех пробах воды из родников хребта Тарбагатай определены (в *мкг/л*) медь (0,36—4,4), барий (9—553), титан (3—187) и железо (14,8—1038)

Питание водоносного комплекса происходит главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков и в меньшей степени путем подтока из других водоносных горизонтов В связи с этим режим подземных вод находится в прямой зависимости от метеорологических факторов Наибольшие расходы многих родников обычно отмечаются весной, в период снеготаяния В летнее и зимнее время расходы их значительно сокращаются В наиболее засушливые годы (1962—1965) некоторые источники пересыхали полностью

Воды, связанные с породами среднего — верхнего девона и выходящие в виде родников, в летнее время года используются для водопоя скота и хозяйственно питьевых нужд отгонного животноводства

8 Трещинные и трещинно жильные воды отложений ордовика и силура (O, S) Эти воды распространены в основном на северном склоне Западного Тарбагатая в горах Джеллитау, Ргаилы, Карашолак и в междуречье Нижнего Сарыбулака и Нарына, притоков р Карбоги

Водовмещающими породами являются альбитофиры, фельзит-порфиры, порфириты, туфы, реже сливные песчаники и кремнистые сланцы с отдельными прослоями и линзами мраморизованных известняков Все эти породы сильно метаморфизованы, дислоцированы и пронизаны многочисленными трещинами на глубину до 30—150 *м* и более Подземные воды имеют свободную поверхность и циркулируют по системе взаимопересекающихся трещин на глубинах от долей метра до 30—40 *м* и более Сильная расчлененность рельефа при этом способствует разгрузке вод в виде родников и мочажин Водообильность пород довольно низкая Дебиты родников обычно не превышают 0,3—1 *л/сек* и только в зонах тектонических нарушений достигают 3—5 *л/сек* Качество вод хорошее, минерализация их находится в пределах 0,5—1 *г/л* По составу воды гидрокарбонатные натриевые, кальциевые и сульфатные натриевые Общая жесткость изменяется от 3,4 до 10,2 *мг·экв/л* и в среднем составляет 5—6,2 *мг·экв/л* В водах некоторых родников, по данным Ф К Кабиева, присутствуют газы (в *мг/л*)· NO_2 (0,02—

0,1), NO_3 (0,3—50) и NH_4 (0,4—1,8). В сухих остатках проб воды спектральным путем определены следующие микрокомпоненты (в *мкг/л*): медь (0,17—3,9), железо (27,5—725), титан (2,9—103,6) и молибден (1—26,2). Питается водоносный комплекс в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на площади его распространения, а также за счет подтока вод из других водоносных горизонтов, расположенных гипсометрически выше. Воды родников широко используются для питья и водопоя скота на участках отгонного животноводства.

9. Трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Г, σ). Эти воды характеризуются значительным площадным распространением и большой обводненностью. Водовмещающие породы представлены гранитами, диоритами и диорит-порфирами до габбро. Преобладают породы кислого состава. Подземные воды связаны с верхней наиболее трещиноватой зоной пород, при этом степень трещиноватости последних и глубина залегания подземных вод на различных массивах бывают различными. Так, более трещиноватыми являются крупнозернистые розовые граниты Окпектинского, Жаманкызылтасского, Тюемойнакского, Акжайляуского и других массивов, менее трещиноватыми — мелкозернистые гранодиориты и диорит-порфиры. По данным массового замера трещин, проведенного на Окпектинском массиве, коэффициент трещиноватости гранитов изменяется от 0,8 до 5%, в среднем составляя 2—3% (Мухамеджанов и др., 1965). Глубина проникновения трещин определяется положением базиса стока и изменяется от 10—15 до 80—100 *м*.

Глубина залегания подземных вод в зависимости от рельефа местности колеблется от 0—2,5 до 50—60 *м*. Преобладающие расходы источников варьируют от 0,5 до 3 *л/сек*. Родники, приуроченные к зонам тектонических нарушений, имеют повышенные расходы — от 3 до 15 *л/сек* (Мухамеджанов, Кабиев, 1964). Воды повсеместно пресные с минерализацией от 0,2—0,5 до 1 *г/л* и характеризуются гидрокарбонатным кальциевым составом. Значение жесткости изменяется от 4,14 до 7,94—7,92 *мг·экв/л*, в среднем составляя 6,12—6,91 *мг·экв/л*; pH=7,1—7,4. По данным химических анализов в водах некоторых родников присутствуют (в *мг/л*): NO_2 (2—10), NO_3 (2—10), NH_4 (1—1,5), SiO_2 (4,1—7,8) и F (0,4—1,6). Из микрокомпонентов встречаются (в *мкг/л*): молибден (7,3—70), титан (3,42—103,2), барий (19,2—114) и железо (21,8—1782). Воды ряда родников, вытекающих из гранитов калбинского типа у подножия хребта Западный Тарбагатай, отличаются повышенным содержанием микрокомпонентов.

Широкое площадное распространение, интенсивная трещиноватость и хорошая обнаженность интрузивных пород палеозоя благоприятствуют формированию в них значительных запасов подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков. Режим их полностью зависит от климатических факторов. Максимальные расходы многих родников обычно отмечаются весной в период снеготаяния, а также в периоды выпадения наибольшего количества осадков, а минимальные — в зимние месяцы, когда атмосферные осадки, выпадающие в виде снега, подземные воды непосредственно не питают.

Воды можно использовать для водоснабжения пунктов отгонного животноводства и для водопоя скота. Водозаборы рекомендуется осуществлять как путем расчистки и каптажа родников, так и заложением скважин глубиной до 60—80 *м*, главным образом в зонах разломов и на контактах гранитоидов с другими породами.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В пределах горноскладчатых областей района формируются бассейны трещинных вод. Источником питания для них являются атмосферные осадки, которые затем, циркулируя по системам трещин различных пород, стекают к местным дренам: ущельям, речным долинам, логам и саям. Многочисленные речные долины являются естественными дренами подземных вод. Направления подземного и поверхностного стока совпадают. В питании подземных вод участвует не все количество атмосферных осадков, выпадающих в течение года. Осадки летнего времени почти полностью расходуются на формирование поверхностного стока, испарение и транспирацию растениями, и лишь осадки отдельных затяжных и ливневых дождей достигают зеркала грунтовых вод. Подземные воды в основном пополняются в период снеготаяния. В это время отмечается общий подъем уровня подземных вод и увеличение расходов родников. С наступлением лета, особенно в засушливые годы, дебиты их значительно сокращаются, а некоторые родники пересыхают. Осенью в результате резкого уменьшения испарения и транспирационной деятельности растений наблюдается увеличение расхода родников. В течение зимних месяцев в связи с прекращением питания водоносного горизонта обычно устанавливаются минимальные, но постоянные расходы родников.

Бассейны трещинных вод горных массивов Саур-Манрака и Западного Тарбагатая имеют специфические черты, основой которых служат различия климата, рельефа и структурно-тектонического положения. В пределах Саур-Манракского массива, где абсолютные отметки вершин превышают 2800—3000 *м*, количество атмосферных осадков достигает 700—800 *мм* в год, в водораздельной части гор происходит интенсивная инфильтрация атмосферных осадков, пути транзита их весьма недалекие, подземные воды выклиниваются повсеместно в виде высокодебитных родников, количество которых и дебиты возрастают к основанию местных дрен. В условиях обильного питания, активного водообмена и интенсивной проточности формируются ультрапресные воды с минерализацией 0,03—0,2 *г/л*. На более низких отметках (ниже 1500—2000 *м*) в связи с постепенным уменьшением среднегодового количества осадков и удлинением путей фильтрации за счет выщелачивания и растворения солей из водовмещающих пород минерализация подземных вод повышается до 0,5—1 *г/л*. Воды по химическому составу становятся гидрокарбонатно-сульфатными и иногда сульфатными с повышенным содержанием ионов натрия и кальция. На этом основано отличие условий формирования трещинных вод в пределах горных массивов Западного Тарбагатая, которые имеют высоты в среднем 1000—2000 *м*. Несколько уменьшенное количество осадков, не превышающее 600—700 *мм*, чехол рыхлых осадочных пород на южных склонах — все это создает условия для формирования подземного стока и удлиненных по сравнению с описанными путей фильтрации, особенно в более пологой северной части массива. Здесь формируются пресные воды с минерализацией до 0,5—1 *г/л*, по составу гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые и натриевые. Водообильность пород находится в прямой зависимости как от количества поступающего питания, так и от коллекторских свойств пород, которые в свою очередь зависят от степени их тектонической нарушенности и литологического состава.

Среди пород палеозоя большей водообильностью обладают песчаники, сланцы и граниты, имеющие расходы родников от 0,4—0,8 до 1—1,5 *л/сек*. Менее обводнены обычно эффузивные породы (0,1—

1 *л/сек*). В зонах тектонических разломов, независимо от литологического состава водовмещающих пород, расходы родников достигают 4—5, иногда 15 *л/сек*.

В отдельных межгорных впадинах (Кендерлыкской и др.) и, возможно, в мульдообразных наложенных структурах в отложениях верхнего палеозоя — мезозоя формируются трещинно-пластовые воды.

В настоящее время трещинно-пластовые воды пополняются также за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока вод из других водоносных горизонтов; причем доля последнего в питании подземных вод впадин благодаря специфическому структурному положению водовмещающих пород в них, очевидно, несколько больше, чем в других водоносных горизонтах и комплексах палеозоя. В Кендерлыкской и Джеменейской мульдах условия питания палеозойских и мезозойских комплексов атмосферными осадками весьма благоприятны, так как чехол кайнозойских отложений имеет незначительную мощность, а местами совсем отсутствует, в то время как трещиноватые породы палеозоя и мезозоя выходят на дневную поверхность на пологих склонах и в понижениях рельефа поверхности впадин.

Трещинно-пластовые воды по составу гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые пресные (до 1 *г/л*), близки по свойствам к трещинным водам окружающих горных сооружений Саур-Манрака и Сайкана. Ряд межгорных впадин, наиболее крупной из которых является Чиликтинская, расположенная между горными массивами Саур-Манрака и Западного Тарбагатая, представляют собой мелкие межгорные артезианские бассейны. Региональным водоупором для этих бассейнов служат мощные толщи неогеновых глин, выше которых залегает зона активного водообмена, а песчаные прослои в толще неогеновых глин представляют собой напорные водоносные горизонты. Основание разреза ни в одном бассейне не вскрыто.

Подземные воды, залегающие над водоупором, пополняются за счет поверхностных вод рек, берущих начало в горах, и инфильтрации атмосферных осадков. Так, р. Чаган-Обо при выходе из гор имеет расход 1,5—2,6 $м^3/сек$. По равнине Чиликтинской впадины она течет всего лишь на протяжении 10 *км*, затем полностью теряет свои воды в аллювиально-пролювиальных галечных отложениях. Поверхностные воды, идущие с гор, слабо минерализованы. Фильтруясь через эти отложения, они образуют грунтовые подземные воды с минерализацией 0,2—0,4 *г/л*, по типу гидрокарбонатные кальциевые. Благодаря грубозернистому составу отложений воды обладают свободным водообменом. В гравийно-песчаных линзах, залегающих среди толщи глин павлодарской свиты, подземные воды приобретают напор, иногда превышающий поверхность земли на несколько метров, повышенную минерализацию (до 1,6 *г/л*) за счет загипсованности глинистых отложений и хлоридно-сульфатный натриевый состав.

Порово-пластовые грунтовые воды, приуроченные в основном к рыхлым отложениям четвертичного возраста различного генезиса, формируются в пределах района повсеместно как за счет атмосферных осадков, так и за счет поверхностного стока. Для водоносных горизонтов в валунно-галечных отложениях речных долин характерна сложная взаимосвязь с речными водами. В паводок поверхностный сток обычно питает грунтовые воды, а в межень, наоборот, последние дренируются руслами рек и тем самым существенно пополняют сток поверхностных вод. Общее направление движения грунтовых вод аллювия обычно совпадает с направлением течения рек.

Наиболее интересным примером тесной связи поверхностных и подземных вод может служить бассейн Чиликтинской впадины. В нее

с хребта Саур стекает р. Чаган-Обо, которая, как указывалось, уже у выхода с гор полностью теряет свой поверхностный сток, уходящий на формирование подземного стока как грунтовых, так и напорных горизонтов. Однако своеобразные условия залегания кровли неогеновых глин создают в центре впадины подпор, благодаря которому происходит выклинивание подземных вод, образующих обширное болото, из которого берет начало и формирует поверхностный сток р. Кандысу, стекающая в бассейн Зайсанской впадины.

Среди водоносных горизонтов и комплексов, развитых в пределах района, для организации среднего централизованного водоснабжения (с потребностью до 50 *л/сек*) пригоден лишь водоносный комплекс аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений. Несомненно перспективны в этом отношении воды вторушкинской свиты неогена.

2. ЧИНГИЗ-ЖАРМИНСКО-БАЛХАШСКИЙ РАЙОН (СЛОЖНЫЙ БАССЕЙН ТРЕЩИННЫХ ВОД)

Район располагается на востоке Казахской складчатой страны и представляет собой низкогорное и мелкосопочное горно-складчатое сооружение, являющееся юго-восточным окончанием Иртыш-Балхашского водораздела. В административном отношении район охватывает большую часть Семипалатинской области. На севере он граничит с Иртышским, на северо-востоке — с Алтайским, на востоке — с Зайсанским и Саур-Тарбагатайским, на юго-востоке — с Алакульским гидрогеологическими районами.

Рельеф района характеризуется слабой расчлененностью. Наиболее возвышенная часть его хребет Чингиз представляет собой систему кулисообразно расположенных низкогорных массивов с отметками поверхности 750—1300 *м*. Приводораздельная часть хребта выровнена, поднята над окружающими равнинами на 400—600 *м* и расчленена широкими неглубокими долинами с относительными превышениями от 12—25 до 60—120 *м*. Склоны хребта относительно крутые, часто скалистые. Чингизские горы окаймлены мелкосопочником, занимающим основную часть территории. Формы мелкосопочника имеют преимущественно мягкие очертания и абсолютные отметки поверхности 350—500 *м*.

Для района характерно наличие сравнительно небольших и неглубоких (до нескольких сотен метров) бессточных впадин, располагающихся у подножия Чингизских гор (Абаевская, Майбулакская, Алгабасская, Пишентайская, Бюрлюгакская и многие безымянные на юго-западе и севере района). В наиболее пониженных частях поверхности депрессий обычно располагаются озера с соленой водой и иногда с небольшими залежами солей (оз. Карабас-Туз) или такыры, соры, солончаки. В южной части района расположена аллювиальная равнина — Аягуз-Баканасская депрессия, переходящая к югу в озерную равнину оз. Балхаш, на северо-востоке вдоль границы с Алтайским районом вытянута аллювиальная равнина р. Чар с Георгиевской впадиной в средней ее части, где мощность рыхлого покрова достигает 200 *м*. Поверхность депрессий осложняется руслами временных водотоков, эрозионными останцами, блюдцеобразными западинами.

Наиболее крупные реки в районе Аягуз, Баканас, Чар, Чаган с притоками Ащису и Кокпекты. Круглогодичный сток воды в них наблюдается преимущественно в горной части в верхнем и среднем течении; значительная часть воды фильтруется в четвертичные отложения. Сравнительно бурно сток происходит в весенний период. По руслам отдельных мелких рек (Эспе, Корык, Карасу, Сарыозек и др.) непрерывный сток имеет место только весной и лишь в годы со значительными запа-

сами снега. В летний период вода сохраняется в отдельных плесах, с водной поверхности которых происходит интенсивное испарение.

Климат района сухой, резко континентальный. Средняя температура воздуха в июле 19,5—24° С, максимум около 41° С. Средняя температура воздуха в январе минус 14—19° С, минимальная минус 45° С. Мощность снежного покрова в горной и мелкосопочной частях территории 0,5—0,4 *м*, на севере и юге 0,2—0,3 *м*. Глубина промерзания почвы до 1,5 *м* и более.

Годовое количество осадков варьирует от 250—350 *мм* в центральной полосе до 170—194 *мм* на севере и юге. Весна короткая с быстрым

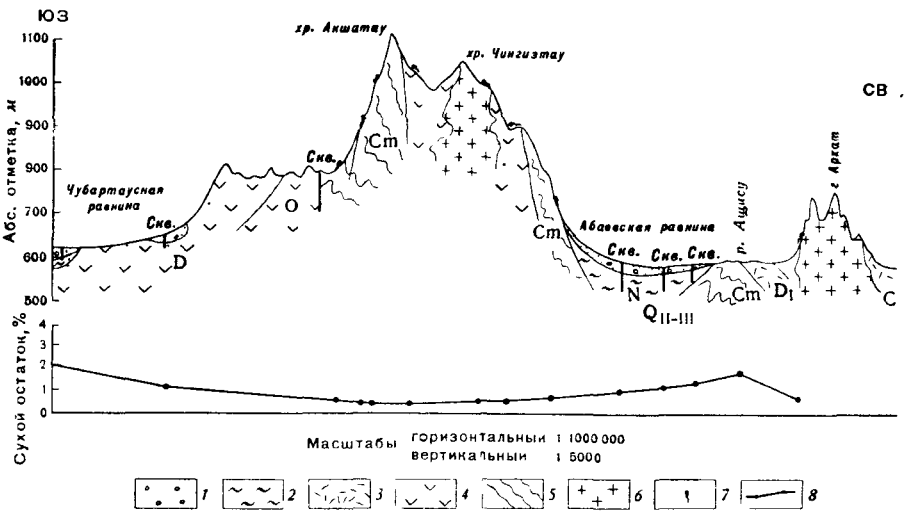


Рис. 26. Геолого-гидрогеологический разрез через Чингизский хребет (Чингиз-Жарминско-Балхашский район) (составил Ф. К. Кабиев)

1 — гравийно-галечные отложения, пески; *2* — глины, *3* — песчаники, сланцы, известняки, *4* — эффузивы, *5* — кристаллические сланцы, кварциты, яшмокварциты, *6* — интрузивные породы, *7* — родники; *8* — кривая изменения общей минерализации подземных вод

повышением температуры воздуха. Для района характерна усиленная ветровая деятельность северных и северо-восточных румбов, в результате чего зимой снег сдувается с равнинных пространств и накапливается в межсопочных понижениях и кустарниковых зарослях. Испаряемость, усиливаемая ветрами, в 2—6 раз превышает годовую сумму осадков.

Район сложен допалеозойскими и палеозойскими осадочными, осадочно-эффузивными и интрузивными породами, дислоцированными и в различной степени метаморфизованными, в зоне выветривания и по разломам сильно трещиноватыми. Интрузивные породы развиты довольно широко. В депрессиях на размытой поверхности скальных пород залегают отложения мезозоя и кайнозоя (рис. 26). В Алгабасской, Бюрлюгакской депрессиях и в долине р. Ащису под чехлом кайнозойских отложений мощностью до 20—25 *м* на размытой поверхности палеозоя установлены моноклинально залегающие угленосные юрские отложения мощностью до 250—320 *м*. В Георгиевской и Абаевской впадинах основание разреза выполнено пестроцветными глинами неогена мощностью до 200 *м*, в более мелких впадинах мощность глинистых осадков неогена не превышает 8—10 *м*. Глины содержат линзовидные прослои песков, галечников и дресвяников мощностью от долей метра до 3—6 *м*, в отдельных случаях до 10—20 *м*.

Отложения четвертичного возраста имеют почти повсеместное распространение, изменчивые по площади мощность и литолого-фациальный состав В пределах горных хребтов они сложены рыхлым почти неотсортированным, в значительной мере угловатым щебенистым элювиально-делювиальным и делювиально-пролювиальным материалом, чехол которого имеет незначительную мощность (до нескольких метров) С понижением рельефа и переходом в мелкосопочные равнины количество суглинистого материала в чехле увеличивается, растет и его мощность до 10—15 *м*, а в отдельных впадинах (Аягуз-Баканасской, в долине р Чар и др) она достигает 45—60 *м* Тесно связаны с этими отложениями по составу осадки аллювиально-пролювиального генезиса Аллювиальные отложения рек, вышедших на равнины, отличаются значительной ролью окатанного обломочного материала — гальки, гравия и песка, в которых встречаются прослои глин, суглинков и супесей. В отложениях озер преобладает только отсортированный супесчаный и суглинистый материал Значительная часть слагающих район геологических напластований содержит подземные воды

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В районе распространены следующие водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения (см гидрогеологическую карту)· 1) водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных, преимущественно аллювиально пролювиальных отложений (apIQ), 2) водоносный горизонт среднечетвертичных — современных озерных отложений (lQ_{II-IV}), 3) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и элювиально-делювиального) генезиса (Q_{II-III}), 4) воды спорадического распространения миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$), 5) трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных юрских отложении (J), 6) трещинные и трещинно жильные воды нерасчлененных пермских отложений (P), 7) трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложений (C), 8) трещинные и трещинно-жильные воды средне- и верхнедевонских отложений (D_{2-3}); 9) трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных девонских отложений (D), 10) трещинные и трещинно-жильные воды отложений ордовика и силура (O, S), 11) трещинные и трещинно-жильные воды докембрийских и кембрийских отложений (a Cm, Cm), 12) трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Γ, σ)

1 Водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных, преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (apIQ) Данный комплекс развит в основном в долинах рек, в межсопочных понижениях и на склонах возвышенностей Наибольшую площадь эти отложения занимают в Аягуз-Баканасской, Абаевской депрессиях и в долинах крупных рек (Аягуз, Баканас, Чар и др). Водовмещающими являются гравийно-галечные, гравийно-песчаные образования со щебнем, дресвой, прослоями глин, суглинков и супесей Аллювиальный водоносный комплекс приобретает самостоятельное значение при выходе рек из гор Здесь аллювий представлен валунно-галечными и галечными отложениями с крупнозернистым песчаным заполнителем В прирусловой части эти отложения хорошо отсортированы и имеют наибольшую мощность, в направлении к бортам долины они сливаются с аллювиально-пролювиальными осадками конусов выноса Как правило, по протяжению всей долины реки устанав-

ливается сплошной поток грунтовых вод, направление которого определяется уклоном подстилающего водоупора, в целом совпадающего с направлением течения рек и с уклоном предгорных равнин. Ширина потока аллювиальных вод крупных рек в среднем составляет 0,5—1 *км*, местами увеличиваясь до 3—4 *км*.

В пределах Абаевской наклонной предгорной равнины площадь распространения водонасыщенных аллювиально-пролювиальных отложений составляет более 2000 *км*^{2}. Мощность водоносного комплекса изменяется от 3—5 до 20 *м*, составляя в среднем около 10 *м*. В горной части района его мощность незначительная, подошвой служат палеозойские и допалеозойские скальные породы, а на остальной территории — водоупорные глины неогена. Глубина залегания подземных вод колеблется в пределах от 0,5—1 до 20 *м*. Водоносный комплекс имеет преимущественно свободный уровень.

Дебиты скважин, вскрывающих воды аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений, составляют 0,5—10 *л/сек* (см. каталог, скв. 27) при понижениях уровня 1—10 *м*, достигая 59 *л/сек* (долина р. Аягуз) при понижении 2—6 *м*. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород изменяется от 0,02 до сотен метров в сутки, в среднем составляя 40—50 *м/сутки*. Минерализация воды в горной части и предгорьях низкая, до нескольких десятых долей грамма на литр. По составу воды гидрокарбонатные кальциевые. По мере удаления от Чингизских гор к местным и региональным дренам и вниз по потоку грунтовых вод минерализация увеличивается до 3 *г/л*, в составе их наблюдается последовательная смена гидрокарбонатных вод сульфатными и далее хлоридными. В гидрокарбонатных водах преобладают кальций и магний, в хлоридных увеличивается содержание натрия. Микрокомпоненты содержатся в ничтожно малых количествах.

Питание подземных вод происходит за счет фильтрации поверхностных вод. Замерами расходов рек северо-восточного склона Чингизского водораздела установлено, что потеря стока на погонный километр в среднем составляет 30—40 *л/сек*. Общая потеря стока рек Карааулозек, Такыр, Мукор, Четь и др. в межень 1957 г. у предгорий составила более 2 *м*^{3}*/сек*. Надо полагать, что эти потери более значительны в периоды весенних паводков, когда по ним проходит 80—90% годового стока рек. Подземные воды, фильтруясь в русловой части рек через песчано-гравийные осадки, в зоне предгорного шлейфа участвуют в питании вод аллювиально-пролювиальных отложений. Кроме того, возможно питание за счет подтока трещинных вод.

Режим уровней вод аллювиальных отложений характеризуется небольшим весенним подъемом, составляющим 0,15—0,5 *м* и редко достигающим 2—4 *м*. В отдельные годы в летне-осенний период уровень воды повышается на 0,1—0,15 *м*. Минерализация воды увеличивается от весны к осени. Так, в низовьях р. Чар весной (апрель) воды гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,36—0,39 *г/л*, летом и осенью сульфатные натриевые с минерализацией 0,8—0,92 *г/л*. Разгрузка вод аллювия зачастую осуществляется путем выклинивания в русловой части реки.

Воды аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений в пределах долин крупных рек широко эксплуатируются для хозяйственно-питьевых нужд с помощью колодцев и скважин.

2. Водоносный горизонт среднечетвертичных — современных озерных отложений (lQ_{II-IV}). Данный горизонт распространен в котловинах озер Карабастуз, Узунсор и др. Водовмещающими породами являются песчано-глинистые отложения мощностью 2—5 *м*, слагающие низкие озерные террасы и ванны озер.

От периферии к центру котловин в разрезе озерных отложений, как правило, отмечается нарастание доли глинистых разностей. Грунтовые воды залегают на глубинах от нескольких сантиметров до 5 *м*. В озерных осадках распространены преимущественно солоноватые и соленые хлоридно-сульфатные натриевые и хлоридные натриевые воды с минерализацией от 2 до 80 *г/л* и более. Воды озерных отложений из-за малой производительности водопунктов (0,001—0,05 *л/сек*) и низкого качества не используются*.

3. Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и элювиально-делювиального) генезиса (Q_{II-III}). Эти воды сравнительно широко развиты по склонам возвышенностей, в междуречных пространствах и межсопочных понижениях. Водонасыщенными являются супеси, суглинки, прослои песков и щебня в суглинках и глинах, а мощность водонасыщенных пород обычно не превышает первых метров. Глубина залегания уровня колеблется от 0,1—6 до 10—20 *м*, обычно не более 2 *м*. Спорадичность распространения подземных вод обусловлена литологическим составом пород, скудностью питания и сдренированностью. Подстилающими породами являются неогеновые глины, реже трещиноватые породы палеозоя и допалеозоя.

Водообильность пород слабая. Дебиты колодцев и скважин составляют преимущественно сотые и десятые доли литра в секунду при понижении до 12 *м*. Воды большей частью солоноватые с минерализацией 1—5 *г/л*, сульфатно-хлоридные, хлоридные кальциево-натриевые и натриевые с общей жесткостью 6—24 *мг·экв/л*. На отдельных участках минерализация возрастает до 50 *г/л*, состав хлоридный натриевый, общая жесткость увеличивается от 34—53 до 150 *мг·экв/л*. Питание подземные воды получают за счет поглощения временных потоков, инфильтрации атмосферных осадков и подтока трещинных вод. Разгрузка происходит подземным путем в аллювиальный горизонт, испарением при близком залегании грунтовых вод к поверхности земли и очень редко в виде малодебитных родников. Описываемые воды для водоснабжения используются редко, практическое значение их невелико.

4. Воды спорадического распространения миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$). Данные воды содержатся в линзах песков, галечников, дресвяников среди толщи глин. Мощность этих прослоев, как правило, колеблется в пределах 3—6 *м*. В долинах рек Жарма, Чар, Аягуз и Аягуз-Баканасской депрессии такие линзы вскрыты на глубине до 60 *м* и имеют мощность 3,5—6,5 *м* (см. каталог, скв. 30). В Георгиевской котловине на глубине 200 *м* также встречены прослои и линзы песков мощностью до 20 *м*, содержащие напорные воды. Величина напора изменяется от первых метров до 100 *м* и более, иногда происходит самоизлив. Дебит скважин при откачках и самоизливе варьирует от 0,01 до 2 *л/сек* при понижениях уровня до 20 *м* и более (см. каталог, скв. 44). По качеству воды пестрые: от пресных гидрокарбонатных кальциевых с минерализацией около 1 *г/л* до хлоридных натриевых с минерализацией до 65 *г/л* и более. Меньшая минерализация характерна для верхних прибортовых частей разреза, наибольшая — для глубоких центральных частей долин и впадин. Большого практического значения эти воды не имеют, но в настоящее время на отдельных участках эксплуатируются с помощью неглубоких колодцев.

* На прилагаемой гидрогеологической карте данный горизонт не отражен.

Водоупорные отложения нерасчлененного неогена (*N*). Отложения неогена, сложенные жирными зелеными глинами аральской свиты и красно-бурыми пестроцветными глинами павлодарской свиты, на значительной части района представляют собой региональный водоупорный горизонт. Мощность глинистой толщи колеблется от нескольких метров до десятков и сотен метров во впадинах. Характерным является наличие окислов железа, марганца и особенно гипса, содержание которого доходит до 20%, в отдельных случаях до 60%.

5. Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных юрских отложений (J)*. Данные воды распространены на ограниченных участках во впадинах западной части района. Водонасыщенными являются трещиноватые конгломераты, песчаники, аргиллиты, алевролиты, перекрытые повсеместно неогеновыми глинистыми осадками мощностью до 40 *м* и более. Воды напорные. В Алгабасской депрессии они вскрыты двумя скважинами на глубине 10 и 23 *м*, уровень воды установился на отметках 2,2 и 5,2 *м*. Дебиты скважин 0,01 и 0,05 *л/сек* при понижениях уровня на 23 и 31 *м*. Воды хлоридные натриевые с минерализацией 4,6 и 19,4 *г/л*, общая жесткость 30,3 и 154 *мг·экв/л*. Практического значения для водоснабжения они, по всей вероятности, иметь не будут.

6. Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных пермских отложений (P). Эти воды развиты на севере, востоке и юге района. Водовмещающими породами являются порфириты, туфы, лавы, сланцы, песчаники, конгломераты с открытой трещиноватостью до глубины 40—50 *м*, на склонах гор и в понижениях перекрытые четвертичными и неогеновыми отложениями. Глубина залегания подземных вод на водоразделах достигает нескольких десятков метров, в долинах и на присклоновых участках она уменьшается до 5 *м*. Дебиты родников 0,05—1, реже до 7 *л/сек*, причем летом большая часть их пересыхает. У юго-западной оконечности гор Сийректау функционирует родник с дебитом 76 *л/сек*, вытекающий из пористых туфов. Возможно, он связан с зоной тектонического нарушения. Дебиты скважин 1,5—3,3 *л/сек* при понижениях 1,7—4,2 *м*. Воды гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые с минерализацией от 0,3 до 2,7 *г/л*. Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации осадков, разгрузка происходит в понижениях рельефа в виде нисходящих родников. Воды используются слабо, однако, эксплуатируя их при помощи скважин и каптажа родников, можно обеспечить водой небольшие хозяйства.

7. Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложений (C). Данные воды в основном развиты на северо-востоке и юго-западе района. Водовмещающие породы — песчаники, сланцы, туфы, алевролиты и др. — обводнены до глубины 30—70 *м*, а по зонам разломов, широко развитым в этих отложениях, до 100 *м* и более. Воды вскрываются обычно на глубинах от 15—20 до 100 *м* и более (см. каталог, скв. 18, 22, 24, 12). При наличии перекрывающего кайнозойского покрова глубина вскрытия определяется его мощностью и достигает нескольких десятков метров; в этом случае воды имеют напорный характер. Уровни устанавливаются в отдельных случаях на 1—2 *м* выше поверхности земли, чаще на глубине 10—15, редко 20—25 *м*. Дебиты родников 0,1—0,5 *л/сек*, по зонам разломов 1—10 *л/сек*. В летний период многие родники пересыхают. Дебиты скважин 0,2—1,2 *л/сек* при понижениях уровня на 18—25 *м*. Из скважин, вскрывающих тектонические зоны

* Данный комплекс на гидрогеологической карте не отражен.

нарушений, откачивалось от 4—4,6 *л/сек* при понижении 4,5—7,4 *м* и до 15 *л/сек* при понижении 2,9 *м*.

Минерализация подземных вод каменноугольных отложений на большей части территории не превышает 1 *г/л*. На юго-западе района (северный склон Балхашской впадины), где количество атмосферных осадков минимальное для района и не превышает 170 *мм* в год, она повышается до 3 *г/л*, а в отдельных случаях до 5 *г/л* и выше. Такая же картина наблюдается на севере района в междуречье Чар — Чаган, где сглаженная мелкосопочная денудационная равнина с чехлом загипсованных и карбонатных глин способствует застойному режиму подземных вод; количество осадков здесь также невелико и не превышает 200 *мм* в год.

На востоке и севере района воды каменноугольных отложений преимущественно пресные гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 1 *г/л*. В центральной части, за исключением отдельных участков, и на юге воды преимущественно слабо солоноватые с минерализацией 1—3, редко до 5 *г/л* сульфатно-хлоридные и хлоридные кальциевые и натриевые. Повсеместно в пониженных участках рельефа, где трещиноватые породы перекрыты слабо водопроницаемыми или водоупорными породами даже небольшой мощности (первые метры), что создает затрудненные условия водообмена, минерализация вод повышается до 5 *г/л* и более и они становятся хлоридными натриевыми.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, иногда за счет подтока с гипсометрически выше расположенных водоносных комплексов. Разгрузка происходит в понижениях и на склонах сопок в виде родников путем подземного стока в гипсометрически ниже расположенные горизонты и комплексы, частично вода расходуется на испарение. Описываемые воды имеют большое практическое значение и на значительной части территории района являются единственным источником водоснабжения. С помощью каптажа родников, колодцами и скважинами за их счет удовлетворяется потребность в воде мелких сельских населенных пунктов.

8. Трещинные и трещинно-жильные воды средне- и верхнедевонских отложений (D_{2-3}). Данные воды развиты на востоке района. Водовмещающими породами являются порфириты, туфы, песчаники, сланцы и алевролиты. Зона наиболее интенсивной трещиноватости обычно распространяется до глубины 40—50 *м*. На отдельных пониженных участках породы прикрыты чехлом слабо водопроницаемых кайнозойских отложений. Дебиты родников 0,1—0,4 *л/сек*, по зонам разломов 4—4,6 *л/сек*. Дебиты скважин 0,5—0,7 *л/сек* при понижении уровня на 11,2—19,2 *м*. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией около 0,5 *г/л*, реже сульфатно-хлоридные с минерализацией до 0,9—1 *г/л*. Общая жесткость 3,8—5 *мг·экв/л*. Питание их осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в виде родников, в меньшей степени оттоком в расположенные ниже по склонам водоносные горизонты и комплексы и частично, при близком залегании к поверхности земли, испарением. Описываемые воды имеют большое практическое значение и часто являются постоянным источником водоснабжения небольших сельскохозяйственных объектов.

9. Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных девонских отложений (D). Эти воды в основном развиты на юге района по северному склону Балхашской впадины и в центральной части района на северном склоне Чингизских гор, где они встречаются на небольших участках. Водовмещающие породы представлены порфиритами, туфами, фельзитами, песчаниками, слан-

цами, конгломератами и известняками. Породы на юге района сильно дислоцированы, в центральной части района они часто слагают мульды, наложенные на породы более древнего возраста. Наиболее трещиноваты породы до глубины 50—70 *м*, по зонам разломов — до 80—100 *м* и более. На значительных площадях девонские отложения перекрыты четвертичными и неогеновыми осадками. Глубина залегания трещинных вод на повышенных участках рельефа до 30—35 *м*. На склонах сопок и в понижениях происходит их выклинивание с образованием родников, мочажин, увлажненных участков, заросших влаголюбивой растительностью.

Породы девона обладают невысокой водообильностью. Дебиты родников до 0,5 *л/сек*, по зонам разломов до 2,7—7 *л/сек*. Расходы скважин 0,1—1,5 *л/сек* при понижениях уровня на 0,9—20 *м*. Расходы скважин в зонах разломов 0,3—4,2 *л/сек* при понижении 15—27 *м*. Воды преимущественно пресные с минерализацией до 1 *г/л*. В солевом составе преобладают гидрокарбонаты и сульфаты кальция и натрия. Общая жесткость воды до 7,7 *мг·экв/л*. В тех случаях, когда водовмещающими породами являются известняки, водообильность пород заметно изменяется. Дело в том, что трещиноватость известняков по сравнению с другими разностями пород значительно большая и, кроме того, они подвержены карстообразованию, поэтому участки, сложенные известняками, отличаются значительной водообильностью и с точки зрения накопления и эксплуатации подземных вод представляют большой интерес. У. М. Ахмедсафиным (1959) эти комплексы выделяются на карте прогноза артезианских бассейнов Казахстана как аккумуляторы напорных вод по аналогии с девон-карбоновыми мульдами Центрального Казахстана.

В местах выхода на поверхность известняки активно поглощают атмосферные осадки и воды поверхностных водотоков, в значительной мере накапливают их в карстовых полостях, пустотах и трещинах. В известняках в районе железнодорожной станции Суук-Булак и восточнее пос. Новотаубинка скважинами на глубине от 4,3 до 77 *м* вскрыты трещинно-карстовые воды, носящие грунтовый и напорный характер. Вскрытая мощность водонасыщенной толщи на этих участках изменяется от 80 до 100 *м*. Дебиты скважин 0,045—18 *л/сек* при понижении уровня до 12 *м*, минерализация воды изменяется в пределах 0,3—1,8 *г/л*, по составу воды от гидрокарбонатных кальциевых до сульфатных натриевых.

На участках развития кайнозойского чехла трещинные воды девонских отложений сравнительно быстро (на коротких расстояниях) обогащаются сульфатами и особенно хлоридами, величина минерализации их при этом увеличивается до 6 *г/л* и более.

Воды используются с помощью колодцев и каптирования родников. Эксплуатировать их целесообразно скважинами, особенно на участках развития карбонатных пород и разломов.

10. Трещинные и трещинно-жильные воды отложений ордовика и силура (O, S). Данные воды широко развиты в центральной части района на склонах Чингизских гор и предгорий, преимущественно в сильно сцементированных конгломератах, сливных песчаниках, порфиритах и их туфах. Последние занимают значительные площади в верхнем и среднем течении рек Чаган, Альпеис, Корумбай между хребтами Акшатау и Кан-Чингиз.

Водоносность связана с верхней трещиноватой зоной пород и с зонами тектонических разломов. Интенсивность трещиноватости и глубина проникновения трещин в зависимости от литологического состава пород различная. Песчаники и эффузивы, как правило, более сильно

трещиноваты, чем сланцы. Мощность водонасыщенной зоны не превышает 15—20 *м*. Глубина залегания трещинных вод вблизи местных дрен не превышает 3—5 *м*, увеличиваясь в депрессиях до 90 *м* и более в зависимости от мощности перекрывающих глинистых отложений. Воды силурийских и ордовикских отложений приобретают напор до 85 *м* и более, устанавливаясь на глубине 3—5 *м* от поверхности.

Дебиты большинства родников составляют 0,5—1 *л/сек*, редко достигая 1,5—2 *л/сек*. Расходы же скважин колеблются от сотых долей до 1—2 *л/сек* при понижениях до 10—35 *м* (см. каталог, скв. 20, 21, 31). В скважинах, пройденных в зонах тектонических нарушений, дебит значительно повышается и достигает 5—20 *л/сек* при понижениях 8—20 *м*. Минерализация вод небольшая, не превышает 1 *г/л*, по составу они в основном гидрокарбонатные кальциевые и натриевые. Питание описываемых вод происходит за счет атмосферных осадков. Условия циркуляции их и характер распределения по площади очень сложны. Сильная расчлененность площадей развития пород глубокими крутосклонными ущельями и саями создает благоприятные условия для интенсивной циркуляции и разгрузки подземных вод в виде родников, мочажин и заболоченных участков. Трещинные и жильные воды пород ордовика и силура используются в основном в теплое время года животноводами совхозов и колхозов Абаевского, Жарминского, Аягузского и других районов области. С помощью групповых скважин в пределах зон нарушений возможно водоснабжение объектов с потребностью до 10—20 *л/сек*. На значительных площадях района описываемые воды являются практически единственным источником водоснабжения.

11. Трещинные и трещинно-жильные воды докембрийских и кембрийских отложений (aCm, Cm). Данные воды, занимающие наиболее высокое гипсометрическое положение в районе (абс. отм. 800—1300 *м*), широко распространены в пределах Чингиз-Акчатауского горного хребта. Водовмещающими породами являются преимущественно кристаллические сланцы, сливные кварциты, яшмокварциты, яшмы, альбитофиры и туфы. Древние наиболее дислоцированные метаморфические породы, распространенные на водоразделах, в предгорьях сменяются относительно более молодыми и менее дислоцированными туффитами и туфами среднего состава. На склонах хребтов докембрийские и кембрийские породы перекрыты маломощным чехлом делювиальных и делювиально-пролювиальных отложений.

Подземные воды приурочены к зоне открытой трещиноватости, распространение которой предполагается до глубины 100—150 *м*. Глубина залегания подземных вод уменьшается от водоразделов, где достигает 100—150 *м*, к предгорьям, где подземные воды выклиниваются. Водообильность пород невелика и неравномерна. Родники с дебитами 0,5—2 *л/сек* приурочены к подножию возвышенностей и эрозионным врезам. Дебит скважины, вскрывшей кембрийские туфопесчаники к северо-западу от г. Аягуза, составил 0,4 *л/сек* при самоизливе (см. каталог, скв. 36).

На водоразделах распространены весьма слабо минерализованные гидрокарбонатные кальциевые воды (до 0,2—0,3 *г/л*). На склонах и к подножию возвышенностей минерализация вод возрастает до 1 *г/л* и более, а состав меняется и становится гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-натриевым и сульфатным натриевым. Воды родников используются преимущественно в весенне-летнее и осеннее время года животноводами совхозов и колхозов района.

12. Трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Г, σ). Данные воды распространены главным образом в пределах горных хребтов Чингизского, Четского, Арсаланского, Архатского и др. и приурочены к гранитоидам различного состава. Глубина распространения трещиноватости неравномерна и зависит от высотного положения массива, ориентировки водоразделов, степени расчлененности, глубины эрозионных врезов и колеблется от 20—30 до 150 *м* и выше по зонам разлома. Например, в Арсаланском массиве южные и юго-западные склоны, а в Архатском северный, западный и восточный наиболее трещиноватые. На этих склонах наблюдается наибольшее количество открытых трещин. С преобладающим простиранием крутопадающих трещин совпадает направление большинства глубоких ущелий и долин

Коэффициенты трещиноватости (отношение площади пустот к площади обнаженной породы в коренном залегании) изменяются от 0,8 до 5% и более, причем преобладающее значение их находится в пределах от 2 до 3%. В массивах гранитоидов нередко встречаются значительные по размерам и протяженности зияющие трещины, пещеры, пустоты диаметром в несколько метров, что создает весьма благоприятные условия для водообильности пород, значительно более высокой, чем у остальных пород палеозойского и допалеозойского возраста.

Глубина залегания подземных вод в водораздельных частях хребтов от 100—150 *м* уменьшается в сторону предгорий, и у подножия гор воды выклиниваются в виде родников. На склонах, покрытых глинистыми образованиями, она определяется мощностью последних и достигает десятков метров; воды при этом приобретают напор. Почти все естественные водопроявления с повышенными расходами (от 1 до 5—15 *л/сек*) находятся в пределах эрозионных врезов или в приконтактовой зоне интрузий с другими менее трещиноватыми кристаллическими породами. Отсюда часто берут начало многие реки, причем обычно расходы родников у истока рек не превышают 1,2 *л/сек*; вниз по течению расход речек быстро увеличивается до 15—30 *л/сек* за счет дренирования трещинных вод. Дебиты скважин составляют 0,5—2 *л/сек* при понижении уровня на 13—30 *м*, а по зонам разломов они достигают 9—12 *л/сек* при понижении 12—17 *м*.

Воды гранитоидов в основном пресные и ультрапресные. Из общего числа подвергнутых анализам проб воды 50% имеют общую минерализацию менее 0,2 *г/л*, 35% — от 0,2 до 0,5 *г/л*, 10% — от 0,5 до 1 *г/л* и 5% — от 1 до 2 *г/л*. При этом по мере движения воды от водораздельной части массива к его основанию общая минерализация увеличивается от 0,1 до 0,5 *г/л*. Воды интрузивных пород используются главным образом для питьевого водоснабжения и водопоя скота. Использование вод интрузивных пород можно значительно увеличить при условии эксплуатации их скважинами, производительность которых может достигать 5—12 *л/сек*.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

На формирование подземных вод района большое влияние оказывают характер рельефа, количество осадков, состав и мощность перекрывающего чехла кайнозойских отложений. Сочетание названных признаков приводит к различию качественных и количественных характеристик подземных вод, образующихся в отдельных частях района. Исходя из этого, по условиям формирования подземных вод выделяются: центральная часть района, занятая невысокими Чингизскими горами, основная часть района, занятая мелкосопочником, и мелкие межгорные впадины у подножия Чингизских гор.

Чингизские горы и их отроги, протягиваются в северо-восточном направлении в центральной части района и характеризуются довольно значительной расчлененностью рельефа (относительное превышение 400—600 *м*), раскрытыми обнаженными структурами, значительной трещиноватостью палеозойских пород, проникающей на глубину от 20—30 до 50—60 *м*, и количеством осадков (до 350 *мм* в год), превышающим количество осадков на соседних территориях. Все это приводит к тому, что данная часть района является основной областью питания подземных вод. Формирующиеся подземные воды, циркулируя по трещинам, образуют бассейн, сток в котором направлен, так же как и у поверхностных вод, в двух основных направлениях: на северо-восток к долине р. Иртыша и на юго-запад к оз. Балхаш.

Интенсивная трещиноватость водовмещающих пород, хорошая их обнаженность и наличие довольно глубоких эрозионных врезов приводят к значительным скоростям движения подземных вод от возоразделов к склонам.

Водоносность и водообильность пород зоны открытой трещиноватости зависят, во-первых, от количества атмосферных осадков, выпадающих в холодную часть года, и условий снеготаяния и, во-вторых, от коллекторских свойств пород. Количество осадков, участвующих в питании подземных вод, составляет 20—100 *мм* в год, или 10—25% от годовой суммы осадков. Большая часть их ввиду довольно сильной расчлененности рельефа расходуется на формирование поверхностного стока. Частичная разгрузка трещинных вод происходит как вдоль крупных тектонических зон и нарушений, так и по склонам, логам, ущельям и долинам рек в виде родников, дающих начало ручьям и рекам.

Режим подземных вод четко отражает влияние метеорологических факторов. Изменения дебита родников, положения уровня подземных вод и их температуры в течение года с некоторым отставанием следуют за колебаниями количества атмосферных осадков и температур воздуха. Увеличение расхода и повышение уровней вод происходят осенью и не только во время осенних дождей, но и в засушливую осень; существенную роль в этом играет уменьшение транспирации растениями в связи с прекращением в осеннее время вегетационного периода. Изменения расходов в течение года настолько значительны, что приводят к сокращению родникового стока в 2—4 раза и более. Наблюдаются также изменения дебита родников в течение суток вследствие влияния транспирационной деятельности травяно-кустарниковой растительности, произрастающей на участке выхода родника. Большая часть района с рельефом возвышенного и низкого мелкосопочника, понижающегося на юго-запад в сторону озер Алакуль и Балхаш и на северо-восток в сторону долины р. Иртыша, является областью слабо выраженного поверхностного и подземного стока и слабо развитой речной сети.

В связи с тем, что значительная часть этой области перекрыта слабо водопроницаемыми глинистыми отложениями, питание подземных вод происходит только на отдельных обнаженных участках, в основном тяготеющих к возвышенному мелкосопочнику. Количество атмосферных осадков, участвующих в питании трещинных вод, уменьшается и в среднем не превышает 10—30 *мм*, что составляет не более 10—15% от среднегодовой суммы осадков и соответствует модулю стока 0,3 *л/сек* с 1 *км*^{2}. Подземный сток, сформировавшийся в пределах Чингизских гор и его отрогов, после частичной разгрузки по зонам тектонических нарушений и на других благоприятных для этого участках

направляется к региональным дренам сообразно уклону поверхности земли. На пути движения к участкам разгрузки подземный поток участвует в питании формирующихся в районе мелкосопочника подземных вод. Скорости движения их, равно как и водообмен, замедлены.

Указанные закономерности формирования подземных вод определяют их минерализацию и химический состав. На участках очагового питания распространены пресные гидрокарбонатные кальциевые воды. В пределах межсопочных понижений они солоноватые и соленые гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатные и хлоридно-сульфатные натриевые, а на больших глубинах и в бессточных озерных впадинах встречаются и рассолы хлоридного натриевого состава.

Межгорные впадины (Абаевская, Алгабасская, Бюрлюгакская и др.), так же как и речные долины (Чаган, Ащису, Чар, Баканас, Аягуз и др.), выполненные аллювиальными и аллювиально-пролювиальными рыхлыми обломочными отложениями значительной мощности, являются областями разгрузки трещинных вод и накопления значительных ресурсов порово-пластовых грунтовых и напорных вод. Формирование их происходит за счет подтока трещинных вод, потерь паводкового стока рек и инфильтрации атмосферных осадков.

Различия в формировании химического состава подземных вод, обусловленные выщелачиванием водовмещающих и перекрывающих пород, процессами катионного обмена и континентального засолонения, приводят к проявлению в описываемом районе площадной гидрохимической зональности. Так, в центре района в пределах низкогорного хребта Чингиз и на отдельных участках в основном возвышенного мелкосопочника формируются преимущественно гидрокарбонатные кальциевые воды, а на большей части территории мелкосопочника — гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 1 *г/л*; на отдельных участках областей питания встречаются пресные воды с преобладанием в солевом составе сульфатов, что в зависимости от условий залегания горизонта связано с процессами выщелачивания сульфатов из перекрывающих отложений.

По мере удаления от областей питания минерализация подземных вод возрастает, изменяется их солевой состав, вдоль предгорий пресные воды сменяются водами слабо солоноватыми (с минерализацией до 3 *г/л*) пестрого солевого состава, с преимущественным развитием сульфатов и хлоридов натрия. Наибольшее развитие эти воды имеют в рыхлых отложениях. Воды солоноватые, соленые с минерализацией 3—10 *г/л*, развиты преимущественно в краевых (северной и южной) частях района, в песчано-глинистых отложениях сухих русел, логов и современных озерных котловин. По химическому составу эти воды сульфатные, реже хлоридные и очень редко гидрокарбонатные натриевые. Воды с минерализацией от 10 до 50 *г/л* имеют локальное распространение и отмечаются на небольших участках, приуроченных или к тальвегам сухих русел, или же к озерным котловинам. По химическому составу они хлоридные натриевые или сульфатно-хлоридные натриевые.

Наибольшее практическое значение для организации водоснабжения имеет водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений. Трещинные и трещинно-жильные воды нерасчлененных каменноугольных отложений, отложений ордовика, силура и интрузивных пород могут служить надежным источником водоснабжения мелких потребителей сельского типа.

3. ЗАЙСАНСКИЙ РАЙОН (МЕЖГОРНЫЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

Район располагается на востоке Восточного Казахстана и представляет собой обширную вытянутую в северо-западном направлении межгорную впадину, окруженную горноскладчатыми сооружениями. На севере к ней подходят горные хребты Южного Алтая, на юге — хребты массивов Саур-Тарбагатая, на западе — сооружения Жарминского синклинория. В пределах Советского Союза расположена основная часть Зайсанской впадины, восточное ее окончание находится в пределах Китайской Народной Республики. В административном отношении район занимает юго-восточную часть Восточно-Казахстанской области.

Рельеф района преимущественно аккумулятивный, равнинный с абсолютными отметками поверхности 400—550 *м*, а на отдельных участках в бортовых частях впадины — денудационный, мелкосопочный с отметками от 540—817 *м* на севере до 1300—1600 *м* на юге. В центральной части впадины располагается оз. Зайсан (перекрытое Бухтарминским водохранилищем), являющееся местным базисом эрозии. Горные реки, протекающие по территории района, большую часть поверхностного стока теряют на фильтрацию и питание подземного стока, и лишь самые крупные из них — Курчум, Кальджир и Кендерлык — доносят свои воды до Бухтарминского водохранилища и р. Черного Иртыша.

Климат района сухой, резко континентальный. Годовое количество осадков невелико и не превышает 120—350 *мм*. Испаряемость высокая, превышает количество осадков в несколько раз и составляет 750—1100 *мм* в год. Как уже указывалось, Зайсанская впадина представляет собой крупную молодую отрицательную структуру (см. рис. 17), в которой на палеозойском складчатом фундаменте залегает толща переслаивающихся песчаных и глинистых отложений мелового, палеогенового и четвертичного возраста. В разрезе преобладают глины. Песчаные породы имеют подчиненное значение и носят характер либо маломощных сравнительно со всем разрезом, но достаточно выдержанных по простиранию горизонтов, либо, чаще, линзовидных быстро выклинивающихся прослоев. В разрезе четко прослеживаются выдержанные горизонты плотных глин аральской свиты неогена, которые являются региональными водоупорами.

В гидрогеологическом отношении Зайсанская впадина представляет собой межгорный артезианский бассейн. Тектонические разломы северо-западного простирания разбивают эту структуру на ряд неодинаково опущенных и по-разному построенных блоков, что является причиной существенных различий в геологическом строении и гидрогеологических свойствах отдельных частей бассейна. На этой основе в пределах бассейна выделяются в качестве районов третьего порядка три части: центральная (или Центральная зона), западное крыло (или Западная гидрогеологическая зона) и северо-восточное крыло (или Северо-Восточная гидрогеологическая зона).

Центральная зона, южная граница которой проходит вдоль тектонического уступа, ограничивающего северные отроги Манрака и Сайкана, представляет собой наиболее погруженную часть бассейна, характеризующуюся сравнительно с остальными частями наиболее полным гидрогеологическим разрезом кайнозоя, достигающим 1500—2000 *м*. Здесь развиты водоносные комплексы в меловых — палеогеновых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложениях. Гидрогеологические условия этой части артезианского бассейна изучены лишь в отдельных пунктах (Даировской опорной скважиной и др.). Имеющиеся материалы позволяют сделать вывод, что водовмещающие и

водоупорные горизонты выдержаны по простиранию и имеют слабо волнистое, почти моноклинальное залегание. Подземные воды напорные в палеогеновых и неогеновых отложениях и преимущественно грунтовые в отложениях четвертичного возраста.

Северо-Восточная зона на юге ограничена Зайсанским региональным разломом, на севере — отрогами Южного Алтая, в западной ее части расположено Бухтарминское водохранилище. Эта зона, несколько приподнятая относительно центральной части бассейна, характеризуется неглубоким залеганием палеозойского фундамента (до 200—500 *м*) и наличием серии различно направленных разломов, создающих множество мелких структур типа горстов и грабенов. Разрез геологических напластований и условия их залегания по площади этой части бассейна не выдержаны. Наиболее полный разрез, близкий к разрезу центральной части бассейна, встречается в южных блоках, непосредственно примыкающих к Зайсанскому региональному разлому. Условия залегания водосодержащих и водоупорных пород сложные, пласты смяты в складки, часто довольно крутопадающие. По мере движения к северной границе зоны из разреза выпадают отдельные, в основном верхние части; пласты выполаживаются и приобретают слабо волнистое, почти моноклинальное залегание. Подземные воды приурочены в основном к отложениям мела — палеогена, палеогена, в меньшей мере к породам четвертичного возраста и имеют напорный и грунтовый характер.

Западная зона на севере, западе и юге ограничена горноскладчатыми сооружениями. Лишь на севере она открывается в сторону глубоких частей бассейна. Граница ее с Центральной зоной проходит от предгорий Манрака по тектоническому разлому, ограничивающему с севера Тологайское и Эспинское поднятия, с юга и запада огибает Базарское погружение, а на северо-западе она выражена нечетко и проводится условно вдоль береговой линии Бухтарминского водохранилища. Севернее Аркарлинского поднятия и Базарского погружения эта зона имеет глубину залегания палеозойского фундамента до 100—150 *м*, в отдельных погружениях до 200 *м*. Развитые здесь геологические напластования представлены выдержанными по площади преимущественно глинистыми отложениями неогена и фациально изменчивыми породами четвертичного возраста. В песчаных прослоях среди глин содержатся напорные воды, а в рыхлых обломочных четвертичных отложениях — преимущественно грунтовые воды.

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В пределах Зайсанского артезианского бассейна развиты следующие водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения: 1) водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (apIQ); 2) водоносный горизонт нерасчлененных четвертичных озерно-аллювиальных, участками с поверхности перевеянных отложений (IalQ); 3) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и элювиально-делювиального) генезиса (Q_{II-III}); 4) водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты (N_2vt); 5) воды спорадического распространения миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$); 6) водоносный горизонт сарыбулакских слоев павлодарской свиты (N_1srb); 7) водоносный комплекс палеогеновых отложений (Pg); 8) воды спорадического распро-

странения верхнемеловых — палеогеновых отложений северозайсанской свиты (Cr_2 — Pgsz), 9) трещинные и трещинно-жильные воды палеозойского фундамента (Pz).

1 Водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (aplQ) Данный комплекс приурочен к долинам и конусам выноса наиболее значительных рек района Аллювиальные отложения развиты в виде узкой полосы вдоль русел рек Осадки аллювиально-пролювиального генезиса слагают конусы выноса и частично участвуют в строении первых и вторых надпойменных террас рек, развиты они более широко, чем аллювиальные отложения Водовмещающие породы комплекса представлены галечником, гравием и равнозернистым песком с редкими валунами, количество которых к горам увеличивается В приозерной части впадины состав обломочных пород более тонкий, здесь часты линзы и прослои гравелистых песков и глин В пределах западной части территории отмечается укрупнение материала вниз по разрезу, а в восточной, в долине р Кандысу, наоборот, он крупнее в верхних горизонтах, а в нижних чаще встречаются суглинистые прослои

Отложения более или менее крупных рек — Курчума, Кальджира, Кендерлыка, Кандысу и Базарки — отличаются наибольшей промытостью и грубозернистостью материала По долинам рек Кокпекты и Бугаз развит более мелкий обломочный материал Менее промыты отложения мелких рек — Калгуты, Такыра и др Средняя мощность отложений комплекса 25—30 *м*, в предгорных прогибах, вблизи зон тектонических разломов, она иногда увеличивается до 100—180 *м*, а в долинах мелких рек не превышает 15—20 *м*.

Водоносный комплекс залегает на неогеновых, реже палеогеновых и мел-палеогеновых отложениях и только на некоторых участках в предгорной полосе — на палеозойских породах Зона аэрации, как правило, сложена суглинками мощностью до 2—5 *м* Подземные воды обычно образуют сплошной поток со свободной поверхностью и уклоном к центру бассейна в сторону оз Зайсан, при этом величина уклона изменяется от 0,0031 до 0,01, в среднем составляя 0,006 Глубина залегания зеркала грунтовых вод в зависимости от рельефа местности изменяется от 1 до 12 *м*, составляя чаще всего 2—7 *м* и увеличиваясь иногда в предгорьях до десятков метров Наименьшие глубины характерны для прирусловых участков речных долин

Водообильность пород комплекса значительная Расходы отдельных скважин колеблются от десятых долей литра в секунду при понижениях уровня на 1—15 *м* (см каталог, скв 39, 46) до 7,1 *л/сек* при понижении уровня на 4,3 *м* (скважина вблизи пос Акжар) и 10 *л/сек* при понижении 1,4 *м* (скважина в пос Покровка) Значения удельного дебита варьируют от 0,1 до 7,3 *л/сек*, средние значения 1—3 *л/сек* Дебиты колодцев составляют 0,4—0,5 *л/сек* при снижении уровня воды от 0,1 до 1 *м* Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород, определенные по данным опытных и пробных откачек, изменяются от 0,8—2,4 *м/сутки* (для песчано-глинистых разностей) до 36 *м/сутки* (для песчано-галечниковых разностей).

Воды пресные и слабо солоноватые, минерализация 0,2—5 *г/л* В изменении состава вод и их минерализации по долинам рек намечается определенная закономерность в верхних предгорных частях долин воды преимущественно гидрокарбонатные с минерализацией 0,2—0,5 *г/л*, ниже по потоку минерализация вод возрастает, достигая вблизи оз Зайсан 1—2, иногда 3—5 *г/л*, воды становятся гидрокарбонатно-сульфатными, сульфатными, иногда хлоридными, из катионов чаще

преобладают кальций и магний. В Западной зоне бассейна минерализация воды составляет чаще всего 0,6—1 *г/л*. Преобладают сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные воды смешанного катионного состава.

Повсеместно подземные воды комплекса содержат свободную углекислоту (CO_2) в количестве от 36—45 до 72—81 *мг/л*, трехвалентное железо (0,3—0,4 *мг/л*) и свободный кислород (1—2,5 *мг/л*). Иногда присутствует также NH_4 (0,1—0,6 *мг/л*). Общая жесткость воды 3,6—23,8 *мг·экв/л*, pH=6,9—7,5. Содержание вредных компонентов нигде не превышает допустимых для питьевых вод пределов.

Питание водоносный комплекс получает за счет фильтрации воды из рек, инфильтрации атмосферных осадков и подтока со стороны гипсометрически выше расположенных водоносных комплексов. Роль подпитывания трещинными водами палеозоя несущественна из-за изоляции их глинами неогена и имеет место лишь в ограниченной по площади полосе непосредственного контакта отложений комплекса с палеозойскими породами. Движение грунтовых вод направлено к Бухтарминскому водохранилищу и к р. Черному Иртышу, где и осуществляется основная разгрузка. Частичная разгрузка происходит также переливом в расположенные ниже по потоку озерно-аллювиальные отложения и в результате испарения вертикальной фильтрацией на участках близкого к поверхности земли залегания грунтовых вод. Подземные воды, приуроченные к отложениям конусов выноса, на ряде участков выклиниваются в виде многочисленных источников, образуя «карасу» и заболоченные участки. Примером такого массового выклинивания грунтовых вод может служить периферийная часть конуса выноса р. Тебезге; здесь на участке длиной около 11 *км* и шириной 2,5 *км* насчитывается до 30 родников с дебитами от 1,5 до 40 *л/сек* (сентябрь, 1962 г.). Суммарный расход их составляет более 700 *л/сек*.

Режим грунтовых вод находится в прямой зависимости от режима речных вод, а также от количества выпадающих атмосферных осадков. В паводковый период реки питают грунтовый поток, а во время межени они сами подпитываются подземными водами, при этом годовая амплитуда колебания уровня подземных вод достигает 2 *м* и более (Мухамеджанов и др., 1965). Описываемый водоносный комплекс весьма перспективен для эксплуатации. Подземные воды его уже в настоящее время находят широкое применение для обводнения пастбищ и водоснабжения населенных пунктов.

2. Водоносный горизонт нерасчлененных четвертичных озерно-аллювиальных, участками с поверхности перевеянных отложений (laIQ). Данный горизонт развит на отдельных участках: южнее Акжонского поднятия, на южном и северо-западном берегах Бухтарминского водохранилища и на правобережье Черного Иртыша. Везде, кроме последнего из указанных участков, перевеянные с поверхности отложения слагают гряды и барханы высотой от 2—5 до 10—15 *м*. Глубина эоловой переработки колеблется от 2—3 *м* в понижениях до 10—15 *м* на буграх. Водосодержащие породы представлены песками с прослоями гальки, гравия, суглинка и глины. Пески тонко- и мелкозернистые с малым содержанием пылеватых частиц, часто гравелистые. На правобережье Черного Иртыша водовмещающие отложения представлены гравием и галькой с песчаным, реже песчано-глинистым заполнителем с редкими прослоями суглинков. Мощность водоносного горизонта в среднем 10—30 *м*. В тех случаях, когда озерно-аллювиальные отложения залегают на аллювиально-пролювиальных образованиях и образуют с ними единый горизонт, суммарная мощность его иногда превышает 100 *м*. Подсти-

лаются породы горизонта неогеновыми и палеогеновыми отложениями.

Поверхность подземных вод свободная, единая со смежными четвертичными водоносными горизонтами; в пределах Северной зоны воды иногда приобретают небольшой местный напор. Глубина залегания подземных вод обычно колеблется от 1—2 *м* в межгрядовых понижениях до 15—20 *м* на буграх; на правобережье р. Черного Иртыша она не превышает 4—5 *м*. Водообильность горизонта сравнительно невелика и может быть охарактеризована дебитами скважин от 0,1 до 2,1 *л/сек* при понижениях уровня воды соответственно на 17,7 и 8,6 *м*. Дебиты колодцев в среднем равны 0,4—0,5 *л/сек* при понижениях 2,5—1 *м*. Максимальный расход колодцев составил 0,8 *л/сек* при понижении статического уровня на 0,35 *м*.

Воды в основном пресные, хорошего качества с минерализацией 0,2—1, редко 2—3 *г/л*. По составу они преимущественно гидрокарбонатно-сульфатные, гидрокарбонатные, реже сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые и кальциевые. Общая жесткость воды в пределах 3—9 *мг·экв/л*.

Благодаря наличию в верхней части горизонта перевеянных песков с хорошими фильтрационными свойствами (коэффициенты фильтрации их достигают 10 *м/сутки*) горизонт имеет весьма благоприятные условия питания атмосферными осадками. Питание осуществляется также за счет подтока вод других горизонтов, лежащих гипсометрически выше и зачастую имеющих с описываемым горизонтом общую поверхность грунтовых вод. В Северо-Западной зоне в предгорьях Южного Алтая имеет место незначительный подток со стороны трещинных вод палеозоя, а в предгорьях хребта Манрак — подпитывание водами палеогеновых водоносных горизонтов. Разгрузка подземных вод осуществляется в оз. Зайсан (Бухтарминское водохранилище), в виде испарения в понижениях на площади развития водоносного горизонта, а на востоке района — переливом в расположенные ниже по потоку аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения. В предгорьях Южного Алтая имеет место частичная разгрузка в отложения палеогена. Подземные воды горизонта могут быть использованы для водоснабжения небольших населенных пунктов, ферм и поселков. В настоящее время они широко используются для обводнения пастбищ.

3. Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и элювиально-делювиального) генезиса (Q_{II-III}). Данные воды в пределах Зайсанского артезианского бассейна распространены довольно широко. На предгорных наклонных равнинах Восточного Тарбагатая (Западная зона бассеина) водовмещающие породы представлены преимущественно пролювиальными отложениями с примесью делювиального материала у подножий гор и аллювиального в бортах долин. На севере бассейна (Северо-Восточная зона) они слагают часть конуса выноса р. Калгуты и озерно-аллювиальную наклонную равнину восточнее и западнее конуса выноса р. Такыр. На северном побережье оз. Зайсан и на левобережье Черного Иртыша подземные воды приурочены к низким озерным и озерно-аллювиальным террасам. Водовмещающие породы пролювиального происхождения представлены галечниками, часто плохо окатанными с разнозернистым гравийно-песчаным, зачастую глинистым заполнителем, с линзами и прослоями песка, супеси, глины.

Предгорные шлейфы вдоль всего горного обрамления и наклонные равнины севернее гор Арганаты и хребта Сайкан сложены в основном щебенистыми суглинками, среди которых водоносными являются линзы

и прослои песка, гравия и галечников. Аналогичные более молодые образования (щебенистые суглинки, верхнечетвертичного — современного возраста) встречаются также в предгорьях Юго-Западного и Северо-Восточного Призайсанья. Однако ввиду их небольшой мощности и незначительного площадного распространения они в самостоятельный водоносный горизонт не выделяются и на прилагаемой к тому гидрогеологической карте не показаны. В озерно-аллювиальных и озерных отложениях водовмещающими породами являются разнозернистые пески и гравийно-галечники, перемежающиеся с прослоями глин и суглинков.

Максимальная мощность средне-верхнечетвертичных отложений различного генезиса, достигающая 100, иногда 160—180 *м*, отмечается в предгорьях Манрака, Сайкана и в центральной части Акжарской мульды. На остальной части территории она составляет в среднем 20—30 *м*, сокращаясь на поднятиях рельефа до 4—6 *м*. Невелика мощность этих отложений (от 4—10 до 12—28 *м*) и на левобережье Черного Иртыша. Подстилающими являются неогеновые, палеогеновые, мел-палеогеновые, а по предгорному обрамлению и палеозойские породы. Глубина залегания подземных вод в отдельных водосодержащих прослоях изменяется от 2—4 до 30 *м*, увеличиваясь к предгорьям, где местами достигает 50—100 *м*. Воды имеют, как правило, свободную поверхность, реже обладают небольшим местным напором, величина которого по мере удаления от гор постепенно увеличивается.

Водообильность пород изменяется в значительных пределах, но в целом она невелика. В большинстве случаев дебиты скважин составляют 0,3—1,5 *л/сек* при величине понижения 5—14 *м* (см. каталог, скв. 14). Минимальный дебит зафиксирован в скважине, пробуренной в щебенистых суглинках севернее гор Арганаты, и равен 0,04 *л/сек* при понижении уровня воды на 4 *м*. Максимальный дебит, равный 3,2 *л/сек* при понижении 1,2 *м*, получен в скважине, пробуренной в песчаных отложениях северо-западной части бассейна. Расходы колодцев обычно не превышают 0,3—0,4 *л/сек* при понижениях уровня воды на 0,1—0,3 *м*. Дебиты родников в большинстве случаев колеблются в пределах 0,3—2 *л/сек*.

Минерализация подземных вод колеблется от 0,3 до 1—2 *г/л*. На плоской равнине горы Арганаты, в озерных и озерно-аллювиальных отложениях прибрежной части Зайсанской впадины она повышается до 3, иногда до 5 *г/л*. По химическому составу воды обычно пестрые. В предгорьях преобладают гидрокарбонатно-сульфатные воды, кальциевые, реже натриевые и магниевые, ближе к центральной части впадины их сменяют сульфатные, смешанные и гидрокарбонатно-хлоридные, иногда хлоридные натриевые и кальциевые воды. Общая жесткость воды обычно изменяется от 3,6 до 8 *мг·экв/л*, иногда достигает 48,7 *мг·экв/л*.

Питание подземных вод происходит за счет фильтрации преимущественно временного поверхностного стока, инфильтрации атмосферных осадков, а также путем подтока трещинных вод палеозойских пород, обрамляющих впадину. На северо-западе бассейна имеет место подток со стороны водоносного горизонта нерасчлененных четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, а на левобережье Черного Иртыша — подпитывание напорными водами палеогена. Движутся описываемые подземные воды отдельными разобщенными потоками по понижениям погребенного рельефа, обходя его положительные формы и заглинизированные участки. Разгрузка их происходит в гипсометрически ниже лежащие водоносные горизонты аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений и в оз. Зайсан. Спорадичность рас-

пространения подземных вод объясняется сложностью рельефа подстилающего ложа, неравномерной глинизацией разреза и локальным подтоком со стороны расположенных выше водоносных комплексов.

Режим подземных вод характеризуется относительным постоянством уровней и расходов. Наблюдения в бассейнах рек Кандысу и Ласты показали, что колебания уровня в колодцах едва достигают 0,5 *м*, а дебиты родников уменьшаются в основном менее чем на одну треть максимальной величины. Спорадичность распространения подземных вод значительно осложняет их эксплуатацию, но не исключает возможности использования при отсутствии других более перспективных источников водоснабжения.

Водопроницаемые, но практически безводные нерасчлененные четвертичные озерные отложения (lQ) развиты на высоких террасах оз. Зайсан на его северном берегу. Они представлены разнозернистыми гравелистыми песками с прослоями гравия и галечников, глин, супесей и суглинков. Общая мощность отложений колеблется от 1—2 до 10—20 *м*. Подстилающими породами являются дислоцированные мелпалеогеновые, палеогеновые, редко неогеновые отложения. Сдренированность указанных отложений объясняется их приподнятостью в рельефе, отсутствием связи с поверхностными водотоками и малым количеством атмосферных осадков, выпадающих на площади распространения этих пород.

4. Водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты (N_2vt). Этот комплекс вскрывается скважинами преимущественно в Центральной зоне и иногда в прогибах Западной и Северо-Восточной зон Зайсанского артезианского бассейна. Водоносными являются прослои и линзы песков, гравия и галечников в толще желтовато-бурых песчанистых глин. Общая мощность отложений свиты в глубоких частях Центральной зоны достигает 180 *м* и более, в Северо-Восточной зоне она равна 100—110 *м*, а в Западной — 30—65 *м*. На большей части площади распространения водоносный комплекс перекрыт четвертичными отложениями и подстилается глинами павлодарской свиты.

Глубина залегания подземных вод изменяется от нескольких десятков метров до 300 *м*. Воды напорные, величина напора увеличивается с глубиной залегания и в центральной части бассейна достигает 250—300 *м*, в отдельных скважинах уровень воды устанавливается на 5—6 *м* выше поверхности земли. Водообильность пород комплекса довольно высокая. Дебиты скважин при самоизливе в зависимости от гранулометрического состава водосодержащих пород изменяются от 0,2—0,4 до 20—25 *л/сек*. Расчетные значения коэффициентов фильтрации чаще всего 30—40 (до 60) *м/сутки*, в отдельных случаях до 500 *м/сутки*. Воды комплекса, несмотря на значительную глубину залегания, имеют низкую минерализацию. Величина плотного остатка их не превышает 0,5 *г/л*. По составу воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые. Жесткость их 3,04—7,8 *мг·экв/л*. Среднее значение pH составляет 7,2—7,6. Содержание SiO_2 изменяется от 4 до 10—14 *мг/л*, NH_4 — от 0,4 до 1,5 *мг/л*; NO_3 в количестве 2 *мг/л* обнаружено только в нескольких пробах.

Питание вод комплекса происходит в основном в предгорной полосе за счет фильтрации грунтовых вод из вышележащих четвертичных отложений, а на участках выхода водовмещающих пород на дневную поверхность также путем инфильтрации атмосферных осадков. Воды движутся от бортов бассейна к его центру. Разгружаются они в оз. Зайсан и на отдельных участках по долинам рек и зонам тектонических нарушений. Довольно интенсивно происходит разгрузка вблизи Зай-

санского регионального разлома, где в связи с этим образуются солончаки и соленые озера.

Напорные воды вторушкинской свиты, обладая хорошим качеством, высокой производительностью водопунктов и достаточными ресурсами, с успехом могут быть использованы для обводнения пастбищных территорий, орошения земель и водоснабжения населенных пунктов. Так, например, только одна скважина в 4,5 *км* южнее райцентра Аксуат, вскрывшая самоизливающиеся воды с расходом около 25 *л/сек*, может полностью удовлетворить потребности в воде этого райцентра.

5. Воды спорадического распространения миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты (N_{1-2} pv). Данные воды распространены в Западной зоне бассейна. Воды содержатся в прослоях песков и галечниковых отложений, залегающих в толще красно-бурых часто песчанистых глин. Выходы этих отложений на поверхность ограниченны и приурочены лишь к предгорной полосе; на всей остальной площади бассейна они, залегая на аральских глинах, перекрываются водоносными четвертичными или, в погружениях, средне-верхнеплиоценовыми преимущественно глинистыми отложениями. (Поэтому на прилагаемой к тому гидрогеологической карте они не получили отражения).

Водосодержащие пески обычно грубозернистые, разнозернистые, содержащаяся в них галька преимущественно мелкая и средняя. Мощность водонасыщенных прослоев изменяется от 1—1,5 до 7—10 *м* при общей мощности павлодарских глин от 40—50 до 120—150 *м*. Количество водоносных прослоев в свите обычно не превышает двух-трех. Глубина залегания подземных вод достигает 100—120 *м* (см. каталог, скв. 37). Воды напорные. Статический уровень, независимо от глубины вскрытия водоносного слоя, обычно устанавливается в 5—30 *м* от поверхности земли. В предгорьях часто имеет место самоизлив воды из скважин. Дебиты водопунктов колеблются от 1—3 до 2,5 *л/сек* при понижении уровня воды соответственно на 1 и 1,5 *м*. Воды в основном пресные с минерализацией 0,5—1 *г/л*, редко до 2 *г/л*; по составу они гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, реже кальциевые.

Питаются подземные воды за счет фильтрации из четвертичных водоносных горизонтов и подтока трещинных вод палеозоя. Общее направление в сторону оз. Зайсан. Разгрузка осуществляется в перекрывающие четвертичные образования и в оз. Зайсан. Описываемые воды с успехом могут быть использованы для водоснабжения ферм и небольших населенных пунктов.

Водоупорные отложения павлодарской свиты (N_{1-2} *pv*) представлены красно-бурыми и кирпично-красными песчанистыми глинами мощностью от 30—100 *м* в предгорных бортовых частях бассейна и на поднятиях до 400 *м* и более в наиболее погруженной его части. В Центральной зоне они повсеместно отделяют водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты от водоносного горизонта сарыбулакских слоев павлодарской свиты. На приподнятых участках Северо-Восточной зоны глины павлодарской свиты выходят на дневную поверхность в виде небольших останцов. В Акжарской мульде западной зоны они служат кровлей водоносного горизонта сарыбулакских слоев, а в предгорных бортовых частях бассейна — кровлей погребенных под ними трещинных вод палеозоя.

6. Водоносный горизонт сарыбулакских слоев павлодарской свиты (N_1 srb). Данный горизонт приурочен к пачке песчаных слоев, переслаивающихся с опесчаненными глинами и алевритами, в разрезе которой пески составляют 30—80%. Залегает

он в подошве павлодарской свиты и подстилается глинами аральской свиты, возраст его условно датируется средним миоценом.

Сарыбулакский горизонт развит повсеместно в Центральной зоне Зайсанского бассейна и в отдельных прогибах Западной зоны (Акжарском и, возможно, Аксаутском). В пределах Центральной зоны глубина залегания водоносного горизонта увеличивается от нескольких метров в предгорных частях бассейна до 700—800 *м* в центральной наиболее погруженной части (см. каталог, скв. 45) и вновь уменьшается к Северо-Зайсанскому региональному разлому. Мощность горизонта увеличивается с запада на восток от нескольких до ста и более метров. Максимальная вскрытая мощность горизонта зафиксирована в Даировской опорной скважине, где она достигает 102 *м*. На Акжарском погружении в Западной зоне глубина залегания описываемого водоносного горизонта увеличивается от краевых его частей к центру. Так, скважины, вскрывшие этот горизонт, встретили его кровлю в периферийной части погружения на глубине 68 *м*, в удалении от него — на глубине 227 *м*, в центральной части погружения — на глубине 270 *м*. Подошва горизонта вскрыта не была. Мощность горизонта в этой структуре пройдена лишь в краевой части, где составляет 30—40 *м*.

Водоносный горизонт сарыбулакских слоев содержит напорные воды, как правило, дающие в скважинах самоизлив. Пьезометрический напор над устьем достигает 10—15 *м* и более. Водообильность пород довольно значительная: дебит скважин при самоизливе варьирует от 0,2 до 2 *л/сек*. Воды горизонта пресные и слабо солоноватые с минерализацией от 0,7 до 1,9 *г/л*. В изменении гидрохимического состава вод по площади намечается зональность, по которой величина плотного остатка в водах увеличивается к центральным частям структур. Ниже приводятся некоторые фактические данные по водам описываемого горизонта.

В Акжарском погружении дебит скважины при самоизливе составил 0,2—3 *л/сек*. Вскрыты пресные воды с минерализацией до 1 *г/л* гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые и натриевые. В восточной части Центральной зоны в предгорьях хребта Сайкан в урочище Аксыир две скважины вскрыли воды этого горизонта: первая в интервале 147,8—151 *м* и вторая — 237,45—240 *м*. Расход при самоизливе из первой скважины составил 0,8 *л/сек*, а пьезометрический напор над устьем скважины — 12 *м*. Самоизлив из второй скважины достигал 2 *л/сек* при напоре более 16 *м* над устьем скважины. Воды слабо солоноватые с сухим остатком соответственно 1,5 и 1,4 *г/л* сульфатные кальциевые.

Скважиной, пробуренной трестом Запсибнефтегеология в 1953 г. в Центральной зоне в районе Тополевской антиклинальной структуры, описываемый горизонт был вскрыт в интервале 250—271 *м*. Дебит при самоизливе составил 0,24 *л/сек*. (Скважина специально для откачки не оборудовалась, поэтому не исключена возможность, что расход заниженный). Воды сульфатные натриевые с минерализацией 1,9 *г/л* (Василенко, Левченко, 1962).

Даировской опорной скважиной воды сарыбулакских слоев, приуроченные к разнозернистым пескам и неплотным песчаникам, вскрыты в трех интервалах: 718—777, 817—826 и 842—876 *м*. Для верхнего слоя дебит скважины при понижении на 278,8 *м* составил 1,26 *л/сек*, глубина установившегося уровня воды 59 *м*, воды сульфатные натриевые с минерализацией 0,8 *г/л*, температура воды на глубине 600 *м* равна +25° С. Во втором слое понижение уровня воды 43,25 *м*. При этом дебит скважины составлял 2,12 *л/сек*, воды сульфатные натриевые, pH = =8,2, минерализация их 0,7 *г/л*, температура на глубине 826 *м* +29° С.

Водообильность нижнего водоносного слоя не была опробована. Воды в нем гидрокарбонатные натриевые, минерализация 0,8 *г/л*, pH=8,4.

Сарыбулакский водоносный горизонт получает питание в основном за счет атмосферных осадков, выпадающих на периферийной части бассейна, подтока трещинных вод со стороны горных обрамлений, а также поглощения и инфильтрации поверхностных вод.

Разгрузка вод происходит вдоль Зайсанского регионального разлома и частично по другим зонам более мелких тектонических нарушений, а также в «гидрогеологические окна», образующиеся над куполовидными тектоническими поднятиями в результате резкого сокращения мощности водоупорных толщ. Воды из горизонта обычно поступают в перекрывающий чехол четвертичных отложений либо в оз. Зайсан, в редких случаях разгружаются непосредственно на поверхность в виде родников. Напорные воды сарыбулакского горизонта можно использовать для хозяйственно-питьевых нужд, однако эксплуатация его сложна из-за сравнительно глубокого залегания.

Водоупорные отложения аральской свиты ($N_1 ar$) подстилают сарыбулакский водоносный горизонт, отделяя его от водоносного комплекса палеогена. Они развиты на всей территории артезианского бассейна, за исключением Северо-Восточной зоны, где сохранились лишь в виде останцов на приподнятых участках. Толща повсюду представлена монотонными зеленоцветными глинами с линзами и прослоями мергелей и алевритов. Мощность ее на западе и в предгорьях не превышает 50—100 *м*, а в Центральной зоне достигает 250 *м*.

7. Водоносный комплекс палеогеновых отложений (Pg). Этот комплекс имеет значительное распространение в пределах бассейна. В Центральной зоне он залегает на больших глубинах, перекрыт толщей аральских глин и выходит на поверхность лишь в предгорьях и на Акжонском поднятии. В Северо-Восточной зоне описываемый комплекс либо залегает непосредственно под четвертичными отложениями, либо выходит на дневную поверхность и лишь в редких случаях перекрыт аральскими глинами. В Западной зоне комплекс отсутствует, и только на отдельных участках установлены фрагменты верхней части палеогенового разреза. Как указывалось, отложения палеогена представлены ашутасской, тузкабакской и турангинской свитами, причем ашутасская и турангинская свиты имеют глинисто-песчано-алевритистый состав, а разделяющая их тузкабакская свита представлена существенно глинистой толщей.

Пески ашутасской свиты разнозернистые (от мелко- до крупнозернистых) кварцево-полевошпатового состава; пески турангинской свиты мелко- и тонкозернистые кварцевые. Мощность палеогенового комплекса в Северо-Восточной зоне достигает 200—250 *м*, а в погружениях Центральной зоны — 250—300 *м* (по Даировской опорной скважине 287 *м*), в предгорьях она незначительно сокращается. Воды комплекса напорные, иногда самоизливающиеся. В Северо-Восточной зоне глубины залегания подземных вод и напоры колеблются от первых десятков до 120—170 *м* (см. каталог, скв. 40, 43). В Центральной зоне глубина залегания значительно увеличивается от предгорий к центру впадины, где у с. Даирова достигает 1377 *м*, и уменьшается к Зайсанскому региональному разлому.

Водообильность пород комплекса в целом невысокая. Дебиты по скважинам изменяются от десятых долей до 1,7—2,4, редко 4,2 *л/сек* при понижениях уровня воды на 5—30 *м*. Минерализация и химический состав вод изменчивы по площади и по разрезу. По периферии бассейна и на раскрытых участках выходов горизонта преобладают гидрокарбонатно-сульфатные, гидрокарбонатно-хлоридные, реже гид-

рокарбонатные натриево-кальциевые воды с минерализацией до 1 *г/л*. В удалении от гор в центральных частях бассейна и на значительной глубине минерализация вод повышается до 2—8 *г/л*, а химический состав становится сульфатным и хлоридным натриевым. Температура воды (по Даировской скважине) достигает 42,8° С.

Питание описываемого водоносного комплекса осуществляется в основном по периферии впадины на обнаженных или перекрытых маломощным чехлом водосодержащих породах (Бурановский блок в Северо-Восточной зоне и др.) как за счет фильтрации грунтовых вод из четвертичных отложений, так и в меньшей степени путем непосредственной инфильтрации атмосферных осадков, реже за счет подтока трещинных вод палеозоя. Движение вод направлено к центру артезианского бассейна. Разгрузка вод комплекса скрытая путем вертикальной фильтрации в вышележащие отложения, вдоль Зайсанского регионального разлома, иногда в четвертичные отложения и на поверхность. Эксплуатация палеогенового водоносного комплекса может быть рекомендована в пределах Акжонской структуры и в Северо-Восточной зоне, где отсутствуют четвертичные водоносные горизонты. На остальной территории использование водоносного комплекса для организации водоснабжения не перспективно из-за глубокого залегания и сравнительно малой водообильности.

8. Воды спорадического распространения верхнемеловых—палеогеновых отложений северозайсанской свиты (Cr_2—Pg sz). Данные воды приурочены к редким прослоям и линзам кварцевых разнозернистых песков среди пестроцветных и малиново-красных глин. Отложения северозайсанской свиты развиты очень широко и отсутствуют только на крайнем западе района. Они повсеместно залегают на породах палеозойского фундамента и только в погружениях Центральной зоны, возможно, на породах верхнего палеозоя — мезозоя (?). Мощность отложений по всей впадине выдержана и равна 170—200 *м*, она несколько сокращается лишь в полосе, непосредственно прилегающей к предгорьям, и на поднятиях палеозойского фундамента. Мощность водоносных прослоев обычно составляет 2—4, реже 15—25 *м* и как исключение больше 25 *м*.

Глубина залегания подземных вод колеблется от первых десятков метров по периферии впадины (см. каталог, скв. 38) до 170 *м* в Северо-Восточной и 1500 *м* и более в Центральной зонах. Воды повсюду напорные, часто самоизливающиеся. Дебиты скважин в зависимости от литологического состава водовмещающих пород при самоизливе изменяются от 0,5—1 до 35—40 *л/сек*. Скважины с максимальными дебитами расположены в периферийной части бассейна. В изменениях гидрохимического состава вод по площади намечается определенная зональность, в предгорьях формируются пресные гидрокарбонатно-сульфатные воды с минерализацией от 0,3 до 1 *г/л*.

По мере движения потока к центру артезианского бассейна минерализация вод повышается, достигая 3—8 *г/л*, а по химическому составу они становятся сульфатно-хлоридными и хлоридными натриевыми. Температура воды повышается до 46,9° С. Питание осуществляется за счет трещинных вод палеозоя, с которыми водоносные пласты соприкасаются в предгорьях и в глубоких частях артезианского бассейна. Поверхностные воды и атмосферные осадки как источники питания имеют второстепенное значение. Движение подземных вод в целом направлено к центру впадины. Разгрузка их осуществляется, по-видимому, вдоль зон, ослабленных тектоническими нарушениями, по редким каналам, связывающим отдельные водоносные пласты, и путем медленной вертикальной фильтрации сквозь глинистую толщу перекрыва-

ющих пород. В предгорьях описываемые воды могут использоваться для водоснабжения ферм и небольших поселков.

9. Трещинные и трещинно-жильные воды палеозойского фундамента (Pz). Эти воды распространены под рыхлой мезо-кайнозойской толщей повсеместно. Водовмещающими породами являются интенсивно дислоцированные и сильно метаморфизованные осадочные и эффузивные породы, прорванные интрузиями различного состава. Воды, приуроченные к верхней, трещиноватой зоне пород везде напорные, часто самоизливающиеся. Глубина вскрытия их в предгорьях колеблется от первых десятков до ста и более метров (см. каталог, скв. 47): в Западной зоне — 100—450 *м* (на Эспинском поднятии 265—400 *м*), в Северо-Восточной зоне — 50—350 *м*, в Центральной зоне — 1000—1500 *м* (в Даировской опорной скважине 1537 *м*). Водообильность пород невелика. Дебиты скважин обычно не превышают 0,3—0,7 *л/сек* при понижениях статического уровня на 10—30 *м*. Однако иногда встречаются скважины с дебитом около 0,1 *л/сек* при понижении 60 *м*. В отдельных случаях скважины вскрывают зоны повышенной водообильности с расходами при самоизливе до 4,6 *л/сек*.

В изменении гидрохимического состава подземных вод по площади намечается определенная зональность с увеличением минерализации в общем плане к наиболее погруженной части артезианского бассейна, а в краевых его частях — к центрам мелких отрицательных структур. Так, в Северо-Восточной зоне минерализация вод с удалением от горного обрамления увеличивается очень медленно. Здесь на расстоянии 20—30 *км* от гор еще можно встретить воды с плотным остатком до 0,7 *г/л*, и лишь у горы Чакельмес, представляющей собой поднятие палеозойского фундамента вблизи Зайсанского регионального разлома, зафиксирована разгрузка в виде малодебитного родника солоноватых вод с минерализацией 3,9 *г/л*. На остальной части Зайсанского артезианского бассейна минерализация подземных вод в предгорьях составляет 0,5—1 *г/л*, с удалением от гор увеличивается довольно быстро и уже на расстоянии 5—15 *км* составляет 2—3,3 *г/л*. К центру бассейна она возрастает до 3—4 *г/л*. В соответствии с этим химический состав воды изменяется от гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-магниевого в предгорьях до сульфатно-хлоридного и хлоридного кальциевого в средней части артезианского бассейна.

В глубоких частях Центральной зоны воды не опробованы, по геофизическим данным минерализация в наиболее переуглубленных участках палеозойского ложа составляет 7—8 *г/л*. Воды палеозойских пород, по-видимому, на отдельных участках термальные. В зоне разломов вблизи выходов эффузивных пород нижне-среднекарбонового возраста выходит несколько родников (Чолак-Булак и Арасан-Талды), которые выводят воды с температурой от 17 до 22° С (однако не исключена возможность, что эти воды связаны с водоносным комплексом палеогена, породы которого здесь дренируются).

Основная область питания трещинных и жильных вод палеозойского фундамента бассейна находится в пределах окружающих его горноскладчатых сооружений. На участках неглубокого залегания палеозойского фундамента (до 100—200 *м*) трещинные подземные воды можно использовать для обводнения пастбищ.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Зайсанский бассейн является региональным базисом поверхностного и подземного стока для окружающих его горных массивов. Перепад высот между окружающими бассейн с севера и юга горами и дном

впадины составляет около 5000 *м*, а между горами и уровнем оз. Зайсан около 3000 *м*. Гидрогеологический разрез артезианского бассейна делится на три части.

верхнюю часть — зону активного водообмена, сложенную гидравлически связанными между собой водоносными горизонтами и комплексами в рыхлых отложениях четвертичного и плиоценового возраста,

среднюю часть, представленную мощной толщей глин неогена, которые являются регионально выдержанным водоупором;

нижнюю часть — зону замедленного водообмена, сложенную переслаивающимися песками и глинами верхнемелового и палеогенового возраста, представляющую собой ряд в большей или меньшей степени разобщенных водоносных горизонтов.

Своеобразие климата Зайсанского артезианского бассейна заключается в сочетании полупустынного с резким дефицитом влаги климата равнинной части впадины с влажным климатом окружающих горных сооружений, где количество осадков в 2—3 раза превышает количество осадков на равнине. При этом водосборная площадь поверхностного и подземного стока Зайсанского бассейна во много раз больше площади впадины. Многочисленные реки и ручьи, берущие начало в горах, несут воды на равнину, но лишь наиболее крупные из них доносят свои воды в течение круглого года до оз. Зайсан, большая же часть поверхностного стока теряется на равнине, расходуясь на питание подземных вод и на испарение

Формирование подземных вод бассейна в общем плане зависит от физико-географических особенностей района: климата, гидрографической сети, рельефа местности, мощности зоны аэрации и характера подстилающего водоупорного ложа. Однако сочетание этих факторов и их влияние в отдельных районах бассейна и частях гидрогеологического разреза различны Формирование грунтовых вод верхней наднеогеновой части разреза имеет свою специфику В предгорных частях бассейна формирование подземных вод происходит по площади неравномерно. Развитые здесь водоносные комплексы аллювиальных, аллювиально-пролювиальных и делювиально-пролювиальных отложений питаются в основном поверхностными водами, стекающими с гор, атмосферными осадками и по периферии впадины подземным стоком со стороны горных массивов

От предгорий вдоль рек на всю ширину их долин образуются потоки грунтовых вод, сливающиеся при выходе на плоскую равнину в аллювиально-пролювиальных конусах выноса в сплошной водоносный горизонт четвертичных отложений Между речными долинами на приподнятых участках рельефа, имеющих менее благоприятные условия питания и транзита, образуются разрозненные грунтовые потоки, стекающие по углублениям в погребенном под четвертичными осадками неогеновом и палеогеновом ложе. Направление движения подземных вод совпадает с уклоном поверхности. Значительный уклон подстилающего глинистого ложа способствует интенсивному подземному стоку в сторону оз. Зайсан.

В вершинных частях конусов выноса, где водовмещающие породы представлены грубообломочными отложениями, обладающими хорошими фильтрационными свойствами, водообмен интенсивен, скорости циркуляции вод значительные, формируются слабо минерализованные воды гидрокарбонатного кальциевого состава. Этому способствует тесная связь с поверхностными водотоками, несущими пресные воды, а также большая глубина залегания их, препятствующая внутригрунтовому испарению. Изменение активности водообмена находит свое

отражение в увеличении минерализации вниз по потоку подземных вод и уменьшении ее в направлении от междуречных пространств к руслу, в наличии «языков» с минерализацией воды менее 0,5 *г/л*, протягивающихся вдоль русел рек или на их продолжении в приозерной части равнины среди вод с большей минерализацией. Некоторое увеличение минерализации, в том числе за счет сульфатов, наблюдается иногда в подошве водоносных горизонтов, что, по-видимому, связано с близостью контакта с засоленными глинами неогена и меньшим влиянием на нижние слои поверхностных вод.

На приподнятых междуречных участках со спорадическим распространением подземных вод интенсивность водообмена снижается. Здесь, за исключением полосы, непосредственно прилегающей к горам, формируются преимущественно слабо солоноватые воды с минерализацией 1—3 *г/л*, по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатные, гидрокарбонатно-хлоридные и трехкомпонентные по анионам, натриевые или трехкомпонентные (натрий, кальций, магний) по катионам. В маломощных конусах выноса малых рек (Калгуты, Такыр и др.), залегающих на глинах и выклинивающихся или имеющих малые мощности уже на незначительном расстоянии от гор, подземные воды залегают близко от поверхности и в результате испарения минерализация их возрастает до 2—5 *г/л*, а состав становится сульфатно-гидрокарбонатным и сульфатно-хлоридным натриевым.

В равнинных частях артезианского бассейна, где крупнообломочный материал водосодержащих толщ постепенно сменяется более мелкозернистым, воды теряют скорость и довольно близко подходят к дневной поверхности. Здесь озерные и озерно-аллювиальные сильно заглинизированные четвертичные отложения, приуроченные к центральной части бассейна, создают для них естественный подпор. Периферические части конусов выноса характеризуются массовым выходом подземных вод на дневную поверхность в виде родников, мочажин и заболоченностей.

Близкое залегание уровня грунтовых вод влечет за собой активизацию процессов континентального засолонения и образование пухлых солончаков, которые, перемежаясь с заболоченностью, окаймляют широкой полосой (10—12 *км*) центральную часть впадины, фиксируя контакт аллювиально-пролювиального водоносного комплекса с озерно-аллювиальным и озерным. В этой части бассейна формируются минерализованные воды смешанного состава. В целом по всей впадине довольно хорошо прослеживается увеличение минерализации грунтовых вод от 0,2—0,5 *г/л* по ее периферии до 1—3, редко 5 *г/л* в прибрежной полосе оз. Зайсан. В этом же направлении изменяется химический состав подземных вод от гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого (магниевого) до пестрого, сульфатного и хлоридного натриевого.

Нижняя часть гидрогеологического разреза, залегающая под региональным водоупором неогеновых глин, отличается в общих чертах пониженной интенсивностью водообмена, весьма различной в разных горизонтах и частях бассейна. Некоторым своеобразием характеризуется формирование подземных вод водоносных горизонтов и комплексов неогеновых отложений. Они имеют сравнительно небольшие глубины залегания и благоприятные условия питания как за счет подземных вод четвертичных отложений, с которыми у них осуществляется тесная гидравлическая связь, так, хотя и в меньшей степени, и путем подтока трещинных вод палеозоя в предгорьях и атмосферными осадками на участках выхода водопроницаемых слоев на поверхность. Разгрузка их наиболее интенсивна вблизи зоны Зайсанского регио-

нального разлома в восточной части артезианского бассейна, которым фиксируется полосой солончаков и соленых озер В водах этой части разреза начинает проявляться гидрохимическая зональность, отчетливая по площади и менее характерная для вертикального разреза

В верхних водоносных горизонтах, имеющих гидравлическую связь с подземными водами четвертичных отложений и сравнительно благоприятные условия разгрузки, а также в периферийных частях артезианского бассейна воды пресные (до 1 *г/л*) гидрокарбонатно-сульфатные При погружении пластов на глубину и при движении к центру артезианского бассейна минерализация вод увеличивается, они становятся сульфатными и хлоридными натриевыми Воды водоносных комплексов, залегающих глубоко от дневной поверхности под региональным водоупором глин аральской свиты, характеризуются затрудненным водообменом, а в наиболее углубленных частях палеозойского ложа, возможно, и застойным режимом Формирование этих вод в отдельных частях бассейна в связи с различием условий залегания водосодержащих пород заметно разнится

В Северо-Восточной зоне палеогеновый комплекс, залегая на глубине преимущественно до 50 *м* и имея значительное распространение на поверхности и под четвертичными отложениями, находится в условиях полураскрытых структур Однако, несмотря на это, водообмен здесь несколько затруднен, о чем свидетельствует сульфатно-хлоридный и хлоридный состав подземных вод с минерализацией 1,4—2,9 *г/л* Причина кроется в неблагоприятных условиях питания и разгрузки, обусловленных частым залеганием отложений верхней водоносной части палеогенового комплекса в виде изолированных мульд, вложенных в палеогеновый же водоупор, наличием в разрезе палеогена и мела глинистых толщ, которые отличаются весьма невысокой водопроницаемостью На крайнем северо-востоке этой зоны благодаря подтоку из водоносных горизонтов четвертичных отложений и со стороны палеозойского обрамления, а также лучшим условиям разгрузки водообмен более интенсивен Здесь формируются пресные гидрокарбонатно сульфатные и сульфатно гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды с минерализацией до 1 *г/л*

В Центральной зоне и на прилегающих к ней участках Западной зоны палеогеновый и мел палеогеновый комплексы круто падают от гор к центру впадины на глубину 800—1600 *м* и до 2000 *м* в погружениях Здесь наиболее отчетливо проявляется гидрохимическая зональность в вертикальном разрезе В результате затрудненного водообмена формируются сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные натриевые воды с минерализацией до 3—8 *г/л* Исключение составляют участок урочища Акжон с барханными песками и узкая предгорная полоса, являющаяся областью питания, где формируются гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевые воды с минерализацией до 1 *г/л*.

В породах складчатого фундамента имеют место площадной сток по трещинам региональной погребенной зоны трещиноватости и трещинно-жильный — по зонам тектонических разломов В предгорной полосе, где водообмен интенсивен, распространены пресные и слабо солоноватые гидрокарбонатно-сульфатные воды с минерализацией до 1—1,5 *г/л* По мере удаления от гор минерализация повышается тем быстрее, чем круче происходит погружение фундамента Воды становятся сульфатными и хлоридными натриевыми с минерализацией 3—4 *г/л*, а в глубокой части Центральной зоны около 7—8 *г/л* Наличие в Северо-Восточной зоне бассейна пресных вод с минерализацией 0,7—1 *г/л* свидетельствует о довольно активном водообмене, что объясня-

ется, по-видимому, широким развитием зон тектонических разломов, характеризующихся повышенной водопроницаемостью.

Несмотря на наличие во всех стратиграфических подразделениях глинистых толщ, через водоупоры, хотя и медленно, но все же происходит перемещение воды в вертикальном направлении. Наиболее существенно оно вдоль зон тектонических разломов в северо-восточной части территории бассейна по Зайсанскому региональному разлому через «окна» в водоупоре. На перемещение вод снизу вверх указывают отдельные случаи разгрузки подземных вод на дневную поверхность через преимущественно глинистые толщи над зонами нарушений. К водам зон тектонических нарушений и разломов приурочены многочисленные проявления специфических компонентов, (по-видимому, выводимых из глубоких горизонтов, которые до настоящего времени не опробованы). Наиболее раздробленная Северо-Восточная зона имеет в целом повышенные содержания в водах йода и брома.

В Западной зоне максимальное количество йода и брома отмечается в колодцах Аксуатского прогиба. Максимальное содержание фтора отмечается в родниках у северо-западных отрогов хребта Манрак. К тектоническим нарушениям на границе Западной зоны с Центральной тяготеют пять водопунктов с содержанием нафтеновых кислот до 0,4 *мг/л* и микробиологические и газовые (углеводородные) аномалии. Вторая группа аномалий этой же Западной зоны оконтуривает выходы углистых верхнепалеозойских пород.

В Центральной зоне содержание нафтеновых кислот не превышает 0,3 *мг/л*. Последние приурочены к Зайсанскому региональному разлому на границе с Северо-Восточной зоной, вдоль которого наблюдается слабая разгрузка глубоких вод. К этому разлому, а также к Приманракскому и Присайканскому погружениям в этой же зоне приурочены основные группы газовых и микробиологических аномалий, в которых суммарное содержание углеводородных газов составляет 0,74%.

В настоящее время ряд исследователей высказывает предположения о возможном нахождении в переуглубленных частях Зайсанского артезианского бассейна залежей нефти и газа.

Термальность вод глубоких горизонтов бассейна, по-видимому, связана с геотермическим градиентом; величина геотермической ступени здесь достигает 30—35°. Наибольшее практическое значение для организации централизованного водоснабжения имеет водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений. Слабо минерализованные термальные воды глубоких водоносных горизонтов мела и палеогена требуют изучения с целью выяснения возможностей использования их в бальнеологических целях.

4. АЛАКОЛЬСКИЙ РАЙОН (МЕЖГОРНЫЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

Район представляет собой крупную межгорную впадину, вытянутую с юго-востока на северо-запад. Впадина обрамлена горноскладчатыми сооружениями: на севере и северо-востоке горами Западного Тарбагатая, а на юге — Джунгарским Алатау. В пределах Восточного Казахстана располагаются северная и северо-восточная части Алакольской впадины, остальная ее часть относится к Южному Казахстану*; граница между ними проходит по озерам Сасыкколь и Алаколь. Опи-

* Описание этой части приведено в т. XXXVI монографии «Гидрогеология СССР. Южный Казахстан».

сываемая часть Алакольского района по административному делению относится к юго-восточной окраине Семипалатинской области.

Рельеф района равнинный, слабо всхолмленный Абсолютные отметки поверхности земли колеблются от 350 до 600 *м*, относительные превышения 5—10, реже 50 *м* Значительные площади заняты грядовыми и бугристыми песчаными массивами — Бийкум, Бармаккум и Каракум В центральной части района выделяются низкие горы Карпебай, Аркарлы, Джайтобе и Балатобе, возвышающиеся над окружающей местностью на 100—300 *м* (абс отм около 850 *м*) В юго-восточной части впадины расположены низкие горы Арасантау (Барлык), высшая точка которых достигает 1111 *м* и поднимается над Алакольской равниной на 600 *м*

Климат района резко континентальный Среднегодовое количество атмосферных осадков изменяется от 150—200 до 400 *мм* Основное количество их выпадает в зимнее и весеннее время Наиболее крупными водными артериями района являются реки Урджар, Хатынсу, Эмель, Каракол, Аи, Тасты, стекающие с южных склонов хребта Тарбагатай и с Барлыкских гор Озера Сасыкколь и Алаколь занимают наиболее низкие участки впадины

Как уже указывалось, Алакольская впадина представляет собой крупную молодую отрицательную структуру с признаками продолжающегося отрицательного погружения, в которой палеозойский складчатый фундамент погружен на значительную глубину В пределах описываемого района она не превышает 1000 *м* (рис. 27), а за его пределами (в южной и юго-западной частях впадины) увеличивается и, возможно, достигает 2000 *м* От горного массива Западный Тарбагатай склон впадины круто обрывается, а затем очень полого погружается на юго-запад Сложен фундамент породами палеозойского возраста В глубоких частях впадины он не вскрыт, на поднятиях, занимающих небольшие площади в центральной и юго-восточной частях района, представлен вулканогенно-осадочными образованиями девонского — каменноугольного возраста, сильно дислоцированными и прорванными интрузиями Разрез рыхлых осадочных отложений, выполняющих впадину, изучен лишь в верхней части Наиболее древними из вскрытых отложений являются песчано-глинистые осадки неогенового возраста, выше которых залегают галечные, песчаные и суглинистые отложения четвертичного возраста.

В гидрогеологическом отношении Алакольская впадина представляет собой межгорный артезианский бассейн, в котором изучена лишь верхняя часть разреза. Основанием его служит региональный водоупор неогеновых глин павлодарской свиты, выше которого залегают гидравлически связанные между собой водоносные горизонты и комплексы четвертичного и плиоценового возраста Продолжающееся современное погружение вызывает усиленный приток подземных вод с окружающих впадину горных сооружений Джунгарского Алатау и Западного Тарбагатая в озера Сасыкколь и Алаколь За последние 15—20 лет повышение уровня в них достигло 3 *м*, причем оз Сасыкколь опреснилось, а в оз Алаколь вода из горько-соленой стала солоноватой

В районе подробно изучены первые от поверхности водоносные горизонты, из которых наибольшее развитие имеют горизонты, связанные с аллювиальными и аллювиально-пролювиальными отложениями. Значительно распространены и обводнены также озерные и озерно-аллювиальные отложения Но подземные воды первых сильно минерализованы за счет испарительной концентрации Лёссовидные суглинки, перекрывающие огромные площади конусов выноса предгорий, без-

водны, поэтому здесь показан основной водоносный горизонт аллювиально-пролювиальных отложений. Несмотря на засушливость климата и ничтожное количество осадков, ресурсы подземных вод Алакольской впадины огромны. Накоплению их способствует местоположение впадины между хребтами Тарбагатай и Джунгарским Алатау, с которых

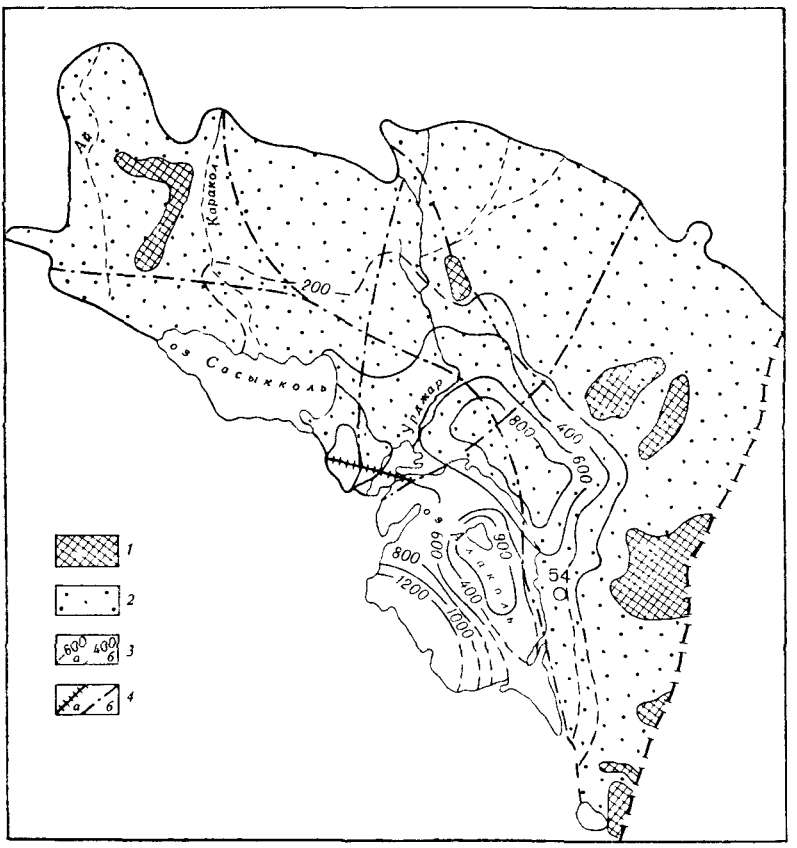


Рис. 27. Тектоническая схема Алакольского артезианского бассейна (составил С. М. Мухамеджанов)

1 — выход палеозойских пород на дневную поверхность; *2* — площадь распространения мезозойско-кайнозойских отложений; *3* — изоглубины мезозойско-кайнозойского фундамента по геофизическим данным в *м*: *а* — установленные, *б* — предполагаемые; *4* — линии тектонических нарушений по геофизическим данным *а* — установленные, *б* — предполагаемые

стекает большое количество рек и ручьев. Потери на фильтрацию только крупных рек южного склона хребта Тарбагатай составляют около 30 $м^3/сек$.

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В пределах изученной части гидрогеологического разреза в Алакольском артезианском бассейне развиты следующие водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения (см. гидрогеологическую карту): 1) водоносный горизонт среднечетвертичных — современных озерных отложений (lQ_{II-IV}); 2) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-

пролювиального и др.) генезиса (Q_{II-III}); 3) водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (apl Q); 4) водоносный горизонт нерасчлененных четвертичных озерно-аллювиальных, участками с поверхности перевеянных отложений (lal Q); 5) водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты (N_2vt); 6) трещинные и трещинно-жильные воды верхнедевонских — нижнекаменноугольных отложений (D_3—C_1); 7) трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Г, σ).

1. Водоносный горизонт среднечетвертичных — современных озерных отложений (lQ_{II-IV}). Данный горизонт имеет значительное площадное распространение и окаймляет с севера озера Сасыкколь и Алаколь. Участки развития озерных отложений представляют собой плоскую равнину с незначительным уклоном в сторону озер. Водосодержащими породами являются пески средне- и мелкозернистые с прослоями гравия и гальки небольшой мощности. В направлении водораздельных пространств пески переходят в тонкозернистые разности или супеси с единичными включениями гравия Мощность горизонта изменяется от 1,5 до 10 *м* Глубина залегания вод в зависимости от рельефа местности составляет 1,5—11 *м*, а чаще всего 3,5—6 *м*. Наименьшие глубины приурочены к прибрежной части озерных впадин, где они составляют 1,5—2,5 *м*, по мере удаления от озерных котловин наблюдается постепенное увеличение глубины залегания грунтовых вод.

Воды озерных отложений на преобладающей части описываемой территории образуют единый водоносный горизонт со свободной поверхностью с уклоном на юг и юго-запад, в сторону озерных котловин Местами воды приурочены к линзам и прослоям песчано-галечных отложений среди практически безводных глин, что обусловливает иногда местный напор. На отдельных участках водоносный горизонт гидравлически тесно связан с нижележащим горизонтом и с поверхностными водами. Производительность скважин, вскрывающих водоносный горизонт, в зависимости от литологического состава водовмещающих пород колеблется от 0,1 до 0,5 *л/сек*, причем преобладают расходы 0,2—0,3 *л/сек* при понижении статического уровня от 2—3 до 20—30 *м* (см. каталог, скв. 52, 53). Коэффициенты фильтрации песчано-глинистых отложений составляют 0,01—0,03 *м/сутки*, песчано-галечных 5—8 *м/сутки*.

Воды горизонта большей частью соленые и солоноватые с плотным остатком от 2—3 до 15 *г/л*, в отдельных случаях до 50 *г/л* По составу они относятся к сульфатно-хлоридным натриевым. В устьевых частях речных долин встречаются гидрокарбонатные кальциевые воды с плотным остатком до 0,6—1 *г/л* Характерно наличие отдельных микрокомпонентов: брома (до 4 *мг/л*), фтора (3—4 *мг/л*) и йода (до 1 *мг/л*).

Питание водоносного горизонта в основном осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока вод из других водоносных горизонтов. Колебания уровня вод, а также изменения минерализации и химического состава их находятся в прямой зависимости от количества, интенсивности и продолжительности выпадающих атмосферных осадков. Воды горизонта не имеют практического значения и лишь в устьевых частях речных долин могут быть использованы для питья и водопоя скота.

2. Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делюви-

ально-пролювиального и др) генезиса (Q_{II-III}) Эти воды имеют ограниченное распространение и развиты неширокой полосой на северо-востоке района и вокруг останцовых возвышенностей гор Аркарлы, Карпебай, в междуречье Каракол — Ай Водосодержащими породами являются серые и желтовато-серые суглинки со значительным содержанием щебня и дресвяно щебнистого материала По мере удаления от возвышенных участков происходит постепенное уменьшение содержания грубообломочного материала На склонах возвышенностей и в верховьях логов мощность водовмещающих пород обычно не превышает нескольких десятков сантиметров, а у подножия сопок достигает 40—45 *м*

Подстилаются водоносные отложения эффузивно осадочными образованиями палеозойского возраста и красноцветными глинами неогена Неоднородность литологического состава и невыдержанная мощность водовмещающих пород определяют характер залегания подземных вод Водоносны обычно отдельные линзы или маломощные горизонты, которые быстро выклиниваются как по простиранию, так и с глубиной Глубина залегания вод колеблется от 1—1,5 до 7,5 *м* Воды, как правило, грунтовые Производительность скважин, вскрывших водоносные отложения, зависит от состава последних и в среднем составляет сотые и десятые доли литра в секунду, редко доходя до 1—1,5 *л/сек*

Степень минерализации грунтовых вод изменяется в пределах от 0,15 до 0,6—1,3 *г/л*, редко достигает 2—3,2 *г/л* Пресные воды с плотным остатком до 1 *г/л* распространены на склонах сопок, в верховьях речных долин, т. е там, где гранулометрический состав водовмещающих пород представлен крупными фракциями (дресва, щебень и обломки палеозойских скальных пород) и имеются хорошие условия циркуляции. По составу эти воды преимущественно гидрокарбонатные, с резким преобладанием катионов кальция и жесткостью, не превышающей 6,53 *мг·экв/л* К периферии делювиально-пролювиальных шлейфов и устьевым частям коротких долин большей частью приурочены воды с повышенной минерализацией (от 1,3 до 3,2 *г/л* и более) сульфатного натриевого состава Повышение минерализации вод обусловлено замедленной циркуляцией грунтовых вод, выщелачиванием солей из пород кровли и подошвы водоносного горизонта и отчасти процессами испарения

Питание водоносного горизонта в основном осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока трещинных вод из коренных пород Режим вод находится в прямой зависимости от гидрометеорологических факторов, характеризующихся непостоянством и изменчивостью уровней и расходов родников Весной в период снеготаяния и обильных атмосферных осадков наблюдается повышение уровня воды и увеличение расходов родников, летом же, наоборот, столб воды в колодцах и расходы родников значительно уменьшаются Большого практического значения описываемые воды не имеют

Водопроницаемые, но практически безводные лессовидные суглинки (Q_{II-III}) развиты в верхней части конусов выноса на северо-востоке района вдоль южного склона хребта Западный Тарбагатай и Барлыкских гор Повсеместны суглинки и подчиненные им супеси палево желтого цвета, карбонатные, комковатые, тонкие, пористые, иногда с включением гравия и щебня Мощность от 5 до 10 *м* Толща суглинков однородна по составу и цвету, лишь местами в ее верхней части отмечаются маломощные погребенные горизонты Залегает она обычно на валунно галечных отложениях среднечетвертичного возраста, занимая довольно высокое положение в рельефе

3 Водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений (aplQ) Данный комплекс распространен в предгорной зоне у южных склонов хребта Западный Тарбагатай, у Барлыкских гор и вдоль рек, пересекающих приозерные равнины Водоносный горизонт приурочен к поймам и надпойменным террасам рек и к конусам выноса, которые, сливаясь у подножия гор, образуют сплошную полосу предгорных шлейфов В предгорьях аллювиальные водовмещающие толщи представлены валунно-галечными и галечными отложениями с крупнозернистым песчаным заполнителем, вниз по течению рек они постепенно сменяются песками и супесями В прирусловой части аллювиальные отложения хорошо отсортированы и имеют наибольшую мощность, в направлении к бортам долин галечные накопления выклиниваются

В полосе предгорных шлейфов водовмещающие аллювиально-пролювиальные отложения повсеместно представлены валунно галечниками с песчаным заполнителем, иногда с прослоями и линзами песков и щебенистых суглинков По мере удаления от гор в сторону озерно-аллювиальной равнины валунно-галечники сменяются галечниками, а затем гравийно-галечными и песчаными отложениями, переслаивающимися с супесями, суглинками и глинами Подошвой горизонта являются пестроцветные глины неогена и реже палеозойские породы ложа

Суммарная мощность водоносного горизонта изменяется от 5—6 до 100—180 *м* В отложениях конусов выноса рек Урджар и Кусак она колеблется от 8 до 36 *м*, рек Каргалы и Маканчи — от 11 до 48 *м*, наибольшая мощность отмечается в предгорных равнинах северо-восточного склона Джунгарского Алатау (за пределами района) и Барлыкских гор Так, в районе с Джарбулак она превышает 100 *м*, а в районе с Социалды равна 180 *м* Глубина залегания грунтовых вод в долинах рек колеблется от 0,5—1 до 12 *м*, в пределах конусов выноса до 40 *м* и более, причем наименьшие глубины приурочены к поймам рек и к периферии конусов выноса, а наибольшие — к их вершинным частям

Уклон поверхности грунтовых вод в целом совпадает с направлением течения рек Наблюдается также падение уровней от бортов долин к руслу рек, а в пределах предгорной равнины — к периферии конусов выноса Коэффициенты фильтрации валунно-галечных и песчано галечных отложений достигают 100 *м/сутки*, а суглинков и супесей не превышают 2—5 *м/сутки* Породы горизонта отличаются хорошей водообильностью

Производительность скважин в зависимости от литологического состава водовмещающих пород колеблется от сотых долей до 20 *л/сек* и более Так, расходы скважин, вскрывших валунно-галечные отложения конусов выноса рек Урджар и Кусак, изменяются от 0,4 до 20 *л/сек* при понижении статического уровня соответственно на 1,3 и 1,2 *м* Преобладающее большинство скважин, заложенных в основании конусов выноса этих рек, где водовмещающие породы представлены более мелкозернистыми разностями пород, дает расходы 3—3,5 *л/сек* при понижении статического уровня на 1—2 *м* Суммарный расход скважин составляет 44 *л/сек* Расходы скважин, расположенных на конусах выноса рек Каргалы и Маканчи, сложенных песками и супесями, реже галечниками с супесчаным заполнителем, колеблются от 2 до 3,4 *л/сек* при понижении статического уровня на 1—1,5 *м* (суммарный расход пяти пройденных скважин составляет 11,4 *л/сек*). Скважины, пройденные в межконусных понижениях, где водовмещаю-

щие породы представлены гравийно-галечными образованиями с глинистым и суглинистым заполнителем, при опробовании опытной откачкой показывают ничтожные расходы при значительных понижениях. Расходы родников и скважин, приуроченных к валунно-галечникам конусов выноса рек Джунгарского Алатау и Барлыкских гор, чаще всего варьируют в пределах от 2,5—5 до 50—60 *л/сек*. Расходы отдельных родников, расположенных по периферии конусов выноса рек Джунгарского Алатау и Барлыкских гор, составляют 100—150 *л/сек*.

В изменении химического состава вод горизонта намечается определенная зональность: увеличение минерализации и изменение состава вод от предгорий к центру бассейна. В краевых частях бассейна минерализация не превышает 0,5 *г/л* и состав вод в основном гидрокарбонатно-кальциевый, а на равнине вблизи озер минерализация вод повышается до 1,5—2 *г/л* и они переходят в сульфатно-гидрокарбонатные натриевые.

Питание подземных вод аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений происходит за счет инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков, причем основную роль в питании горизонта играют паводковые воды. При этом следует отметить, что грунтовые воды не только питаются поверхностными водами, но и участвуют в питании рек в период их межени, о чем свидетельствуют многочисленные родники, выклинивающиеся по долинам рек. Режим подземных вод изменяется по сезонам года: максимум положения уровня наблюдается в период весеннего снеготаяния, минимум устанавливается в зимние месяцы, амплитуда колебания уровня достигает 2 *м* и более.

Грунтовые воды, связанные с аллювиальными отложениями, широко эксплуатируются шахтными колодцами и полностью удовлетворяют требования небольших хозяйств в воде.

4. Водоносный горизонт нерасчлененных четвертичных озерно-аллювиальных, участками с поверхности перевеянных отложений (lalQ). Данный горизонт распространен к северу и северо-востоку от озер Алаколь и Сасыкколь в пределах обширных массивов бугристо-грядовых песков (Бармакум, Бийкум, Умбеткоссайчагыл и др.) и мелких массивов по обоим берегам р. Эмель. В рельефе эти массивы представляют собой обособленные участки, в пределах водоразделов возвышающиеся над окружающей территорией четко выраженным уступом высотой 5—10 *м*, а местами до 20—25 *м* (южное подножие гор Аркарлы). Гряды и бугры сложены песками озерного и озерно-аллювиального генезиса, перевеянными на глубину 5—10 *м*. Пески среднезернистые кварцевые и кварцево-полевошпатовые, хорошо отсортированные, содержание пылеватых и глинистых частиц 10—15%. Перевеянные пески в основном мелкозернистые с количеством пылеватых частиц до 2—3%. Мощность водоносного горизонта изменяется от 3—10 до 100 *м* и более. Наибольшие мощности горизонта отмечаются в центральных частях песчаных массивов, а наименьшие — в северном обрамлении. Водоупором горизонта почти повсеместно служат лёссовидные суглинки или алевритоподобные глины четвертичного возраста мощностью от 35 до 50 *м*.

Подземные воды на площадях развития озерных и озерно-аллювиальных перевеянных отложений образуют единый водоносный горизонт со свободной поверхностью и незначительным уклоном в сторону местных дрен. Основное направление движения вод ориентировано в сторону озер и соответствует общему региональному уклону поверхности равнины. Глубина залегания грунтовых вод изменяется в широ-

ких пределах и хорошо согласуется с рельефом поверхности песчаных массивов. Под буграми и грядами, имеющими значительные абсолютные и относительные отметки, глубина залегания грунтовых вод резко возрастает и измеряется величинами 50—60 *м*, а в межгрядовых и межбугристых понижениях она составляет всего лишь 2—5 *м*

Фильтрующая способность и водообильность пород горизонта имеют средние значения величин. Коэффициент фильтрации изменяется от 10,5 *м/сутки* для среднезернистых песков до 0,01 *м/сутки* для тонкозернистых разностей. Дебиты скважин в соответствии с составом водовмещающих пород изменяются в пределах от 0,001 до 1—2 *л/сек*. Так, скважины, вскрывающие грунтовые воды в средне- и мелкозернистых песках центральной части песчаного массива, дают от 0,3 до 1 *л/сек* при понижении уровня на 1,5—5 *м*. Скважины и колодцы, вскрывающие грунтовые воды в тонкозернистых, часто глинистых песках, характеризуются дебитами от 0,001 до 0,1 *л/сек* при понижении статического уровня на 1,5—2,5 *м*.

Воды горизонта слабо минерализованные, пресные и слабо солоноватые; минерализация их весьма изменчива по площади на коротких расстояниях. В общих чертах минерализация вод увеличивается от центральных водораздельных частей песчаных массивов к их окраинам, спускающимся к речным долинам. В пределах самих массивов наименее минерализованные воды приурочены к буграм и грядам песков, более минерализованы они в межгрядовых и безбугристых понижениях, где залегают близко от дневной поверхности. В междуречье Урджар—Хатынсу в центральной и северной частях песчаного массива плотный остаток воды составляет 0,3—0,7 *г/л*. Содержание кальция не превышает 50—60 *мг/л*. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые или гидрокарбонатные натриевые, pH=6—6,5.

Общая жесткость воды колеблется от 3,62 до 5 *мг·экв/л*. На юго-юго-западе массива минерализация грунтовых вод повышена и изменяется от 1—1,5 до 3—4 *г/л*. Воды сульфатные натриевые. Однако и здесь под буграми вскрываются воды с плотным остатком до 1 *г/л*. В пределах песчаных массивов Бийкум плотный остаток в воде колеблется от 0,3 до 0,9 *г/л*; только в отдельных местах юго-западной части массива минерализация повышается до 3 *г/л*. Общая жесткость грунтовых вод изменяется от 5,84 до 7,32 *мг·экв/л*. Воды здесь преимущественно гидрокарбонатные и сульфатные кальциево-натриевые. Грунтовые воды песчаных массивов Бармаккум, Косайшагыл, а также массивов, расположенных по левобережью и правобережью р. Эмель, относятся к гидрокарбонатным и сульфатным кальциево-натриевым с общей минерализацией 1—3 *г/л*. Общая жесткость вод 4,35—12 *мг·экв/л*. Грунтовые воды озерно-аллювиальных отложений могут широко использоваться для обводнения и оазисного орошения. В местах близкого залегания грунтовые воды песков можно эксплуатировать для питья и водопоя скота.

5. Водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты (N_2vt). Данный комплекс развит в центральной части Алакольской впадины. Водовмещающими породами почти повсеместно являются гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, переслаивающиеся с суглинками и глинами. По мере удаления от подножий хребтов наблюдается характерный фациальный переход от крупных галечников и валунов к более мелким галечникам и гравию. Ложем комплекса служат красно-бурые загипсованные глины павлодарской свиты. Мощность водоносных прослоев комплекса колеблется от 14—18 до 40—55 *м* при общей мощности отложений вторушкинской свиты 100—120 *м*.

Глубина залегания водосодержащих отложений комплекса увеличивается от нескольких метров по периферии бассейна до 200—300 *м* и более в его центральной части. Глубина залегания подземных вод варьирует от 50—80 до 200—300 *м* и более. Скважина, расположенная между восточным берегом оз. Алаколь и Барлыкскими горами, вскрыла отложения вторушкинской свиты в интервале 238—280 *м* (см. каталог, скв. 54). Воды напорные, величина напора увеличивается от 3—35 *м* в периферийных частях бассейна до 190—250 *м* и более в центральных его частях. В упомянутой скважине пьезометрический напор подземных вод над поверхностью земли составляет 10—15 *м*. Водообильность пород комплекса значительная, дебиты скважин при самоизливе достигают 50 *л/сек*. Воды пресные с минерализацией до 0,5 *г/л*, по составу гидрокарбонатные кальциевые.

Питание комплекса осуществляется в основном за счет фильтрации подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов и атмосферных осадков, поступающих по периферии бассейна. Подземные воды комплекса, обладая хорошим качеством и достаточными ресурсами, могут быть использованы для обводнения пастбищных территорий и водоснабжения населенных пунктов.

Водоупорные глины павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$), вскрытые в пределах описываемого гидрогеологического района многочисленными скважинами, характеризуются сравнительным однообразием и выдержанностью литологического состава по простиранию и по разрезу. Глины красноцветные, гипсоносные и карбонатизированные плотные, жирные. Нередко в них встречаются мелкие обломки кварца, алевролитов и кремнистых пород размером до 2 *см* в поперечнике. Встречаются также дендриты окислов марганца, мелкая слюда и кристаллы гипса. Иногда отмечаются маломощные (0,5—3,5 *м*) прослои мелкогалечного конгломерата и глинистых песчаников. На полную мощность глины павлодарской свиты не пройдены; вскрытая мощность их в центральной части бассейна превышает 300 *м*. Глины павлодарской свиты являются водоупором для вышележащих водоносных горизонтов и комплексов.

6. Трещинные и трещинно-жильные воды верхнедевонских—нижнекаменноугольных отложений (D_3—C_1). Данные воды имеют незначительное площадное распространение. Водовмещающими породами являются вулканогенно-осадочные образования нерасчлененного карбона (горы Барлык, южные склоны гор Архарлы, Корпебай и междуречье Ай — Каракол) и девона (северные склоны гор Корпебай и Барлык), представленные трещиноватыми песчаниками, глинистыми сланцами, алевролитами, известняками, эффузивами и их туфами. Отложения палеозоя вскрыты рядом скважин в северной и северо-восточной частях района на глубинах от 4 до 46 *м*, а в центральной части бассейна, где палеозойский фундамент значительно погружается, наибольшая глубина залегания их превышает 1000 *м*.

Глубина залегания подземных вод на разных участках рассматриваемой площади различна. В горной части, где подземные воды формируются в зоне открытой трещиноватости, она не превышает 40—50 *м*, а мощность водонасыщенной зоны 15—20 *м*. В краевых частях бассейна на участках, где водосодержащие породы перекрыты водоупорными глинами, воды приобретают напор. Уровни воды здесь устанавливаются на 5—7 *м* выше поверхности земли.

Данные о водоносности комплекса в глубоких частях бассейна отсутствуют. Водообильность трещиноватой зоны невысокая: дебиты большинства родников не превышают 0,5—1 *л/сек*. Дебиты скважин,

вскрывших воды палеозойских отложений в урочищах Айнабулак и Лайбулак, колеблются в пределах 1,7—7,87 *л/сек* при соответствующих понижениях 6,5—17,3 *м*. Воды в основном пресные с минерализацией 0,1—1 *г/л*, реже солоноватые с плотным остатком 1,5—2,4 *г/л*. Общая жесткость их не превышает 12—14 *мг·экв/л*. По химическому составу воды с низкой минерализацией относятся к гидрокарбонатным кальциевым, а более минерализованные — к сульфатным кальциевым или сульфатным натриевым.

Питание вод происходит исключительно за счет атмосферных осадков. В связи с этим режим родников, приуроченных к отложениям палеозоя, находится в прямой зависимости от климатических особенностей района. Наибольшие расходы родников отмечаются весной в период снеготаяния, в летнее время они значительно уменьшаются.

Воды, связанные с породами девона и карбона и выходящие в виде родников, используются только в летнее время для водопоя скота и хозяйственно-бытовых нужд.

7. Трещинные и трещинно-жильные воды интрузивных пород (Г, δ). Данные воды распространены на небольших площадях северного склона гор Архарлы в виде отдельных небольших останцов в различных частях района. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми гранитами, гранодиоритами, реже диоритами и габбро. Подземные воды приурочены к зоне открытой трещиноватости и тектоническим разломам. Расходы родников 1—2 *л/сек*, воды ультрапресные и пресные, причем минерализация их увеличивается от 0,1 до 0,5 *г/л* по мере движения от водораздельной части массивов к подножию склонов. Отдельные родники, связанные, по-видимому, с зонами разломов, выводят на поверхность термальные воды. Источник Айна-Булак на поднятии из туфов среднего карбона дает воду с температурой 22—25° С, группа источников Барлык-Арасан (Барлыкские горы) из порфиритов среднего карбона дает воду с температурой от 21 до 44° С.

Основным источником питания вод зоны открытой трещиноватости интрузивных пород являются атмосферные осадки, разгрузка происходит в виде родников, расположенных у подножия склонов возвышенностей, или переливом в гипсометрически ниже расположенные водоносные горизонты. Наблюдается зависимость расходов от режима атмосферных осадков и сезонных изменений метеорологических факторов. Максимальные расходы родников отмечаются в весенние и летние месяцы с наибольшим количеством осадков, а минимум расходов совпадает с холодным периодом года, т. е. с периодом промерзания грунта. Ресурсы вод могут быть оценены по аналогии с массивами Тарбагатайских и Джунгарских гор модулем подземного стока 0,61 *л/сек* с 1 *км*^{2}. Водозабор может осуществляться путем каптажа высокодебитных источников, пригодных для обеспечения водой мелких одиночных хозяйств.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Алакольский артезианский бассейн является региональным базисом поверхностного и подземного стока со стороны горного обрамления, что в основном определяет условия формирования подземных вод. В этом бассейне изучены лишь верхняя часть гидрогеологического разреза: водоносные горизонты и комплексы четвертичных и плиоценовых отложений, залегающие над первым региональным водоупором — глинами павлодарской свиты. Все эти горизонты и комплексы гидравлически связаны между собой и образуют зону активного

водообмена. Кроме порово-пластовых вод, здесь изучены, хотя и несколько хуже, трещинные и трещинно-жильные воды палеозойских отложений складчатого фундамента, которые обнажаются или залегают на сравнительно небольшой глубине в краевых частях бассейна.

Формирование подземных вод зоны активного водообмена происходит в общих чертах по одному плану: подземный сток, зарождающийся в предгорьях, окружающих бассейн, попутно пополняясь атмосферными осадками, направляется к центру бассейна, где расположен базис его регионального стока озера Алаколь и Сасыкколь (перепад высот между вершинами окружающих гор и уровнем воды в озерах около 2800 *м*). Однако формирование вод каждого водоносного комплекса и горизонта имеет свои индивидуальные особенности.

В распределении подземных вод аллювиальных и аллювиально-пролювиальных горизонтов, так же как и в других районах развития конусов выноса, описанных О. К. Ланге для Узбекистана, У. М. Ахмедсафиным (1952) для Киргизского Алатау, устанавливается четко выраженная горизонтальная зональность. Первая зона — зона питания и погружения — располагается в районе развития и выходов на поверхность валунно-галечных отложений и является основной областью питания подземного стока. Здесь отмечается глубокое (до 50—60 *м*) залегание подземных вод и интенсивное поглощение в валунно-галечную толщу атмосферных и поверхностных вод. Наибольшая фильтрация поверхностного потока происходит весной, в период паводка, а несколько меньшая — осенью. В межень же питание водоносного комплекса осуществляется в основном за счет дренирования трещиных вод пород палеозоя.

Крупные реки, стекающие с южного склона хребта Тарбагатай, при выходе из гор теряют на фильтрацию около 30 $м^3/сек$ воды. Потери воды на фильтрацию только двумя реками (Тасты и Чогантогай), стекающими с хребта Барлык, составляют около 3,5 $м^3/сек$.

Вторая зона — зона естественной разгрузки подземных вод и неглубокого их залегания — прослеживается в полосе перехода конусов выноса в озерно-аллювиальную равнину. Подземные воды здесь очень близко подходят к поверхности земли, образуя по периферии конусов выноса заболоченные участки, источники, речки «карасу». Особенно интенсивное выклинивание подземных вод наблюдается по восточному побережью оз. Алаколь. На этих участках расходы источников, образующих р. Карасу, составляют 100—150 *л/сек*. Поверхностный сток, вновь образующийся в этой части бассейна, имеет расход больший, чем по выходе с гор. Так, например, р. Урджарка при выходе из гор в районе с. Алексеевка имеет расход 0,9 $м^3/сек$. Это количество воды при прохождении реки через отложения конусов выноса на протяжении 3—4 *км* полностью теряется на фильтрацию. Поверхностный сток, который вновь зарождается южнее с. Урджар, имеет расход 1,5 $м^3/сек$ Аналогичная картина наблюдается в других реках рассматриваемой территории. Возобновившие поверхностный сток реки несут свои воды через песчаные массивы и озерные отложения к озерам Алаколь и Сасыкколь.

Третья зона — зона вторичного погружения подземных вод — устанавливается только по южному склону хребта Тарбагатай, где подземные воды вновь погружаются на глубину до 10—15 *м*.

Довольно сложны процессы формирования подземных вод в песчаных массивах. Питание вод песчаных массивов происходит главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков и подземного подтока со смежных областей. Некоторое пополнение запасов подземных вод, по-видимому, происходит за счет конденсационных вод. Сред-

негодовое количество атмосферных осадков, выпадающих на площадях распространения песков, на севере и северо-востоке составляет 250—300 *мм*, уменьшаясь в соответствии с уменьшением абсолютных отметок поверхности в южном и юго-западном направлениях до 200 *мм*.

В питании грунтовых год участвуют зимние и весенние осадки, которые в сумме составляют 60—65%. Количество просачивающейся воды оценивается толщиной слоя 50—60 *мм*. Особенно интенсивная фильтрация атмосферных осадков наблюдается в вершинах и склоновых частях гряд и бугров, а также в глубоких межгрядовых и межбугристых понижениях. В этих понижениях происходит накопление снегового покрова, сдуваемого ветром с вершин гряд и бугров. Поступление подземных вод из горных и предгорных районов в виде потока, движущегося по аллювиально-пролювиальным отложениям, с которыми граничат пески, оценивается величиной 2 $м^3/сек$.

Однако не всюду имеются благоприятные условия для фильтрации и движения подземных вод. Грунтовый поток, направляющийся в сторону песков Бийкум, перехватывается логами и долинами рек Карасу и Хатынсу и в значительной степени дренируется. Все отмеченные песчаные массивы располагаются на водораздельных пространствах рек, а связанные с ними грунтовые воды имеют гидравлическую связь с речиыми водами. Относительное превышение уровня грунтовых вод над руслом р. Егинсу (левый приток р. Урджарки) в центральной части массива Ащилыузек составляет 50 *м*. По мере движения в сторону реки относительное превышение уменьшается и в устьевой части лога Ащилыузек (в непосредственной близости от реки) составляет всего лишь 1—1,5 *м* В центральной части массива Бийкум уровень грунтовых вод лежит на 15 *м* выше р. Хатынсу и направление движения потока устанавливается в сторону долины реки. Такая же картина наблюдается в песчаных массивах Бармаккум, Косайшагыл и др. Формирование химического состава подземных вод в различных горизонтах и комплексах бассейна также имеет свою специфику. В пределах зон питания и вблизи русел рек, где существует активный водообмен в водоносных горизонтах, минерализация вод не превышает 0,5 *г/л*, а по составу они относятся к гидрокарбонатным кальциевым. С удалением от области питания в направлении озерно-аллювиальных равнин в водоносных горизонтах, залегающих сравнительно неглубоко, минерализация подземных вод под влиянием выщелачивания солей и испарения увеличивается до 1 *г/л*, местами до 1,5—2 *г/л* и они становятся сульфатно-гидрокарбонатными натриевыми. Глубокие же водоносные горизонты, связанные с хорошо промытыми галечниками и песками, и здесь отличаются слабой минерализацией воды, не превышающей 0,5 *г/л*, и гидрокарбонатным кальциевым ее составом. На формирование химического состава вод определенное влияние оказывает солевой состав как водовмещающих пород, так и пород кровли, где в среднем содержание суммы солей колеблется от 0,1 до 2,2 *г* на 100 *г* породы, причем основная часть их представлена сульфатами и хлоридами, благоприятствующими засолению грунтовых вод.

Формирование химического состава грунтовых вод песчаных массивов происходит под действием различных факторов, главными из которых являются: привнос солей подземными водами водоносных комплексов, питающих грунтовые воды песчаных массивов; выщелачивание солей водовмещающих пород; концентрация солей при процессах испарения (транспирационного, капиллярного и внутригрунтового) и опреснение на участках просачивания атмосферных осадков.

Влияние этих факторов на процесс формирования химического состава грунтовых вод песчаных массивов происходит одновременно, однако степень участия и воздействия каждого из них на различных участках и в разное время года неодинаковы.

Как указывалось, наименьшее содержание минеральных солей в воде, не превышающее 0,3—0,4 *г/л*, отмечается в центральной части песчаных массивов, где наиболее активно влияние просачивающихся атмосферных осадков. Отсюда в направлении на юг, юго-запад и в сторону местных дрен речных долин и логов наблюдается постепенное повышение минерализации грунтовых вод до 0,7—0,8 *г/л* главным образом за счет сульфатов и солей магния, выщелачиваемых из водовмещающих толщ в процессе движения вод. При дальнейшем движении в том же направлении на границе с озерно-аллювиальной равниной наблюдается дальнейшее насыщение грунтовых вод минеральными солями до 1,5—2 *г/л* за счет сульфатов и в несколько меньшей степени — хлоридов. На отдельных участках песчаных массивов вскрываются воды с плотным остатком до 4 *г/л*, причем главным фактором соленакопления здесь является испарительная концентрация.

Привнос солей подземными водами конусов выноса, питающими воды песчаных массивов, наблюдается в северной, северо-восточной частях песчаных массивов Ащилыузек, Бармаккум и по левобережью р. Эмель, где отмечается повышенное содержание сульфатов в грунтовых водах в наиболее опресненной части песков. Алакольский артезианский бассейн обладает благоприятными гидрогеологическими условиями для накопления пресных и слабо солоноватых подземных вод. Наиболее перспективен для организации водоснабжения водоносный горизонт четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений.

Глава VII

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ИШИМ-ИРТЫШСКОГО РАЙОНА (АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЕННОЙ АРТЕЗИАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

В пределах Восточного Казахстана расположена лишь крайняя юго-восточная часть Ишим-Иртышского района. Основная же его площадь занимает огромные пространства Северного Казахстана и юга Западной Сибири *.

Часть Ишим-Иртышского района, которая входит в Восточный Казахстан, на юге граничит с Центрально-Казахстанским, а на востоке и северо-востоке с Алтайским гидрогеологическими районами первого порядка. Административно она занимает северную часть Семипалатинской области. Ишим-Иртышский район представляет собой крупный краевой артезианский бассейн, входящий в систему артезианских бассейнов Западно-Сибирской платформенной области. Восточно-Казахстанская часть Ишим-Иртышского артезианского бассейна приурочена к довольно узкому прогибу палеозойского складчатого фундамента, ось которого имеет вид плавной дуги, обращенной выпуклой стороной на юг, а ветвями на северо-восток и северо-запад. С юга и юго-запада прогиб окаймлен Казахской складчатой страной, с востока и северо-востока — отрогами Алтая, на севере и северо-западе он открывается в сторону Западно-Сибирской низменности.

По характеру рельефа большая часть района представляет собой аллювиальную равнину, осложненную массивами перевеянных с поверхности «боровых» песков, дефляционными понижениями и озерными котловинами. Равнина в общих чертах погружается с востока на запад от 500 до 180 *м* и с севера на юг от 300—400 до 200—150 *м*. Строение поверхности района неоднородно. Восточная часть его, примерно до линии Семипалатинск — Изатулла, представляет собой приподнятое увалистое плато Обь-Иртышского водораздела со средними абсолютными отметками 420 *м*.

Рельеф западной части района носит иной характер: это пониженная равнина со средними абсолютными отметками 180—190 *м*, полого повышающаяся на север и северо-восток до 250—300 *м* к урочищу Балопан, максимальная отметка которого 351 *м*.

По южной окраине района протекает р. Иртыш, урез воды которой на востоке 189 *м*, на западе — 144 *м*; на восточной окраине протекает р. Шульбинка, урез воды которой 200 *м*.

Широко распространены в районе озера, большей частью солоноватые и соленые. Климат района резко континентальный, засушливый, с большими суточными и годовыми амплитудами колебаний температуры воздуха. Характерны ветры юго-восточного и восточного направлений в зимний период, западные и северо-западные — летом. Годовое количество осадков 200—350 *мм* в год. Район сложен в основном рыхлыми осадками мезозойского и кайнозойского возраста,

---

* Основная часть Ишим-Иртышского района описана в XXXIII томе монографии «Гидрогеология СССР, Северный Казахстан».

залегающими на породах палеозойского возраста, образующих складчатый фундамент

Основанием сводного разреза осадочного чехла являются кора выветривания и киялинская свита готерив-баррема. На них залегают покурско-леньковская свита апт-альб-сеномана, славгородская свита коньяк сантон-кампана, чеганская свита эоцен-олигоцена, чаграйская (знаменская) и новомихайловская свиты среднего и верхнего олиго-

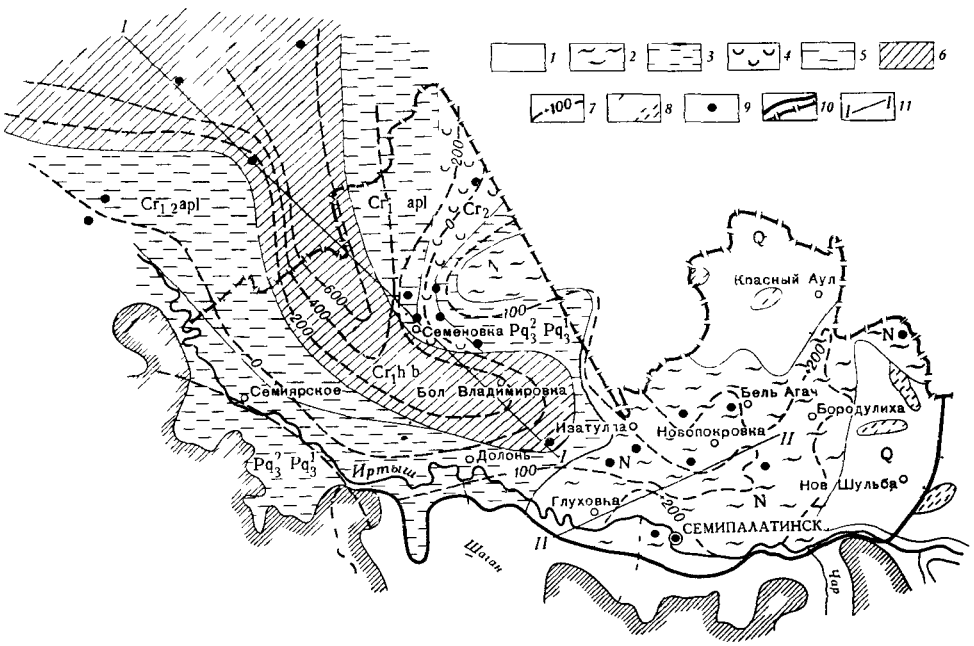


Рис 28 Схематическая карта отложений, залегающих на складчатом палеозойском фундаменте в пределах Ишим Иртышского артезианского бассейна (составила Б Е Антыпко)

1 — отложения четвертичного возраста (пески супеси суглинки) *2* — отложения неогена (глины глины с прослоями песков) *3* — отложения верхнего эоцена — нижнего олигоцена (чеганская свита глины глины с прослоями гравийных песков) *4* — отложения верхнего мела — коньяк сантон кампана (славгородская свита пески пески с прослоями глин последних менее 10%) *5* — отложения нижнего—верхнего мела — апт альб сеномана (покурско линьковская свита, переслаивание песков песчаников алевритов глин последних до 50%) *6* — отложения нижнего мела — готерив баррема (киялинская свита глины) *7* — стратоизогипсы по кровле палеозойского складчатого фундамента *8* — выходы складчатого фундамента на поверхность *9* — буровые скважины *10* — границы гидрогеологического района Восточного Казахстана *11* — линии геолого гидрогеологических разрезов изображенных на рис 30 и 31

цена, аральская свита миоцена, павлодарская свита миоцен-плиоцена, кочковская свита верхнего плиоцена, краснодубровская свита нижнесреднечетвертичного возраста, касмалинская свита и покровные отложения средне-верхнечетвертичного возраста, отложения долины р Иртыша среднечетвертичного — современного возраста

По особенностям структурного плана складчатого фундамента и строению осадочного рыхлого чехла территория района четко делится на две части (рис 28). В западной части района (к западу от линии Глуховка — Изатулла), где фундамент довольно круто понижается в северо-западном направлении от 0 до 600 *м*, осадочный чехол довольно мощный (до 800 *м*) и состоит из песчано-глинистых отложений как мезозойского, так и кайнозойского возраста В вертикальном разрезе его довольно четко выделяются три части, имеющие определенное значение в гидрогеологии нижняя сложена в основном песками мелового возраста, средняя — плотными глинами эоцен-олигоцена, играю-

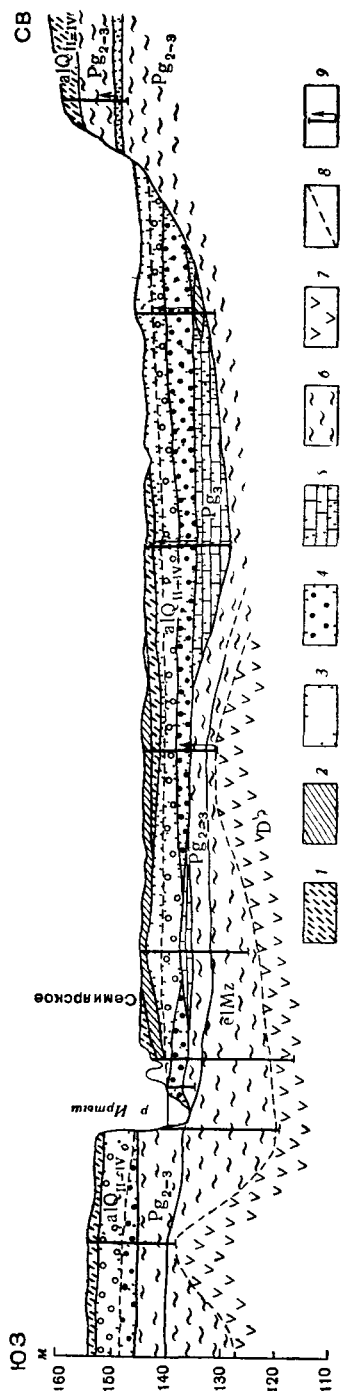


Рис 29 Геолого гидрогеологический разрез долины р Иртыша в районе сел Семиярское—Майское (составил С М Мухамеджанов)

1 — супеси пылеватые, *2* — суглинки *3* — песок изредка гравелистый, *4* — гравийно галечные отложения *5* — пески гравелистые, слабо цементированные до песчаника, *6* — глины плотные, иногда с лигнитом, *7* — кварцевые порфириты и порфиры *8* — уровень грунтовых вод *9* — пьезометрические уровни по скважинам

щими на огромной части Западно-Сибирского артезианского бассейна роль регионального водоупора; верхняя — переслаиванием песчаных и глинистых отложений среднего и верхнего олигоцена, неогена и четвертичного возраста.

В восточной части района (к востоку от линии Глуховка — Изатулла) фундамент залегает сравнительно неглубоко и местами выходит на дневную поверхность Он очень полого погружается с востока на запад от +400 до +100 *м* (см. рис. 28). Осадочный чехол здесь маломощный (100—200 *м*) и представлен осадками неогена и четвертичного возраста, для состава которых, помимо переслаивающихся песчано-глинистых отложений, составляющих основную часть разреза, характерно наличие крупнообломочных осадков гравийного и галечного состава. Региональные водоупоры отсутствуют Как уже указывалось, Ишим-Иртышский район по геологоструктурным особенностям и гидрогеологическим условиям делится на два района второго порядка, соответствующих восточной и западной его частям

1. ИРТЫШСКИЙ РАЙОН (АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

Иртышский район, представляющий собой западную часть Ишим-Иртышского района, в гидрогеологическом отношении изучен слабо, причем лучше изучены его южная и юго-западная части, отличающиеся сравнительно неглубоким залеганием фундамента и прорезанные долиной р Иртыша (рис. 29). В пределах же остальной части района, где складчатый фундамент погружен достаточно глубоко, имеется лишь несколько буровых скважин, вскрывающих полный разрез осадочного чехла, причем гидрогеологическая документация скважин, как правило, не удовлетворительна. Таким образом, общее представление

о гидрогеологических особенностях этого района складывается в основном исходя из его общего геологического строения и по аналогии со сравнительно хорошо изученными и непосредственно примыкающими к нему с севера частями Ишим-Иртышского артезианского бассейна.

Складчатый фундамент по выходам на дневную поверхность и по данным вскрывающих его скважин представлен осадочными, в значительной степени метаморфизованными породами девона, карбона и перми, среди которых преобладают песчаники, аргиллиты, сланцы,

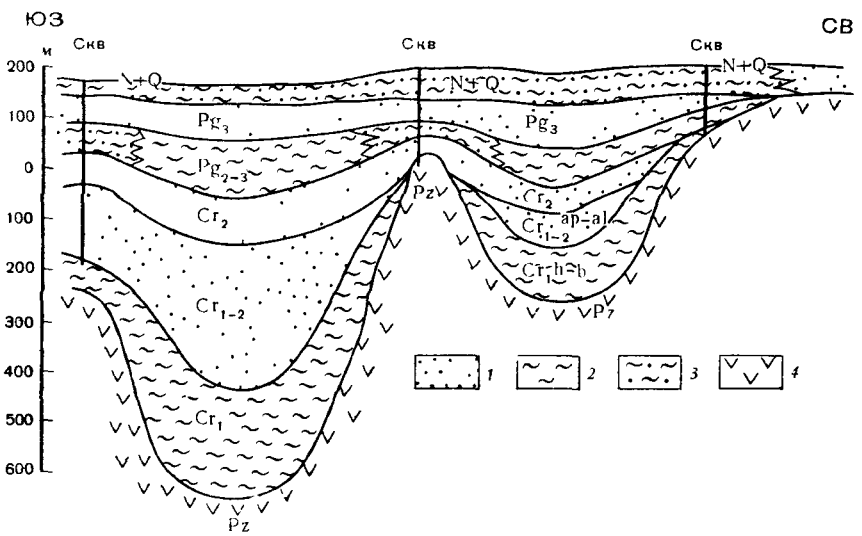


Рис. 30 Схематический геолого-гидрогеологический разрез Иртышского артезианского бассейна по линии *I—I* (составила Б Е Антыпко)

1 — водоносные комплексы нерасчлененных меловых отложений (нижне верхнемеловых отложений апт-альб сеномана покурско-ленъковской свиты и верхнемеловых отложений коньяк-сантон-кампана славгородской свиты) и средне-верхнеолигоценовых отложений, *2* — водоупорные горизонты, сложенные глинами готерив-баррема (киялинская свита), верхнего эоцена — нижнего олигоцена (чеганская свита), *3* — относительно водоупорные горизонты, сложенные глинами с прослоями песков (чеганская аральская и павлодарская свиты), *4* — породы палеозойского складчатого фундамента, в верхней части содержащие трещинные и трещинно жильные воды

реже известняки. Кроме того, здесь распространены гранитоидные интрузивные образования.

На породах складчатого фундамента широко развита кора выветривания, мощность которой достигает по отдельным скважинам 15—20 *м* и более. В центральной, наиболее погруженной части бассейна на ней залегают красноцветные глины с подчиненными прослоями алевролитов, песчаников и мергелей, представляющие собой киялинскую свиту готерив-барремского возраста мощностью от 100 до 200 *м*. Кровля свиты залегает на абсолютных отметках от —100 до —400 *м* и ниже. Выше по разрезу располагается мощная толща (100—400 *м*) песчаных отложений мела. Нижняя ее часть, представляющая собой равномерное переслаивание песков, алевритов и каолиновых глин, отвечает покурско-ленъковской свите апт-альб-сеномана, максимальная мощность которой достигает 250 *м* и более. Верхняя часть толщи, представленная разнозернистыми кварцево-глауконитовыми песками с подчиненными прослоями глин, составляющими до 10%, отвечает ипатовской пачке славгородской свиты коньяк-сантон-кампана; мощность ее в наиболее погруженных северных частях бассейна достигает 60—80 *м*. На них, трансгрессивно перекрывая нижележащие отложения (рис. 30), зале-

гают плотные, жирные оливково-зеленые глины эоцен-олигоцена (чеганская свита), которые от центра бассейна в направлении бортовых его частей фациально переходят в толщи гравийных песков, переслаивающихся с темными, почти черными глинами, обогащенными растительными остатками (каарасорская толща). Мощность их здесь не превышает 10—20 *м*, в то время как в наиболее погруженных частях она достигает 100 *м* и более.

Выше залегает фациально изменчивая толща континентальных песчано-глинистых отложений среднего и верхнего олигоцена, максимальная мощность которой достигает 80—100 *м*. Перекрывается она толщей в основном глинистых отложений неогена. В нижней части это восковидные глины аральской свиты мощностью 30—40 *м*, в верхней части — глины, переслаивающиеся с песками (павлодарская свита), мощностью 15—20 *м*. Верхняя часть осадочного чехла от верхнего плиоцена до современного периода представлена песчаными и суглинисто-супесчаными отложениями, образование которых связано как с деятельностью древней и современной речной сети и озер (кочковская, касмалинская свиты, осадки долины р. Иртыша), так и с процессами делювиально-пролювиального и эолового переотложения (краснодубровская свита, покровные отложения, «боровые пески» и др.).

В осадочном чехле Иртышского бассейна повсеместно распространены порово-пластовые подземные воды как грунтовые, так и обладающие напором, а в породах складчатого палеозойского фундамента содержатся трещинные и трещинно-жильные воды.

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В бассейне распространены следующие водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения: 1) водоносный комплекс среднечетвертичных — современных аллювиальных отложений ($al\,Q_{II-IV}$); 2) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и эолового) генезиса (Q_{II-III}); 3) водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных отложений касмалинской свиты ($Q_{II-III}ksm$); 4) воды спорадического распространения нижне-среднечетвертичных отложений краснодубровской свиты ($Q_{I-II}krd$); 5) водоносный горизонт верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты ($N_2kč$); 6) воды спорадического распространения миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$); 7) водоносный комплекс олигоценовых отложений (Pg_3); 8) водоносный комплекс нерасчлененных меловых отложений (Cr); 9) трещинные и трещинно-жильные воды палеозойских отложений складчатого фундамента (Pz).

1. Водоносный комплекс среднечетвертичных — современных аллювиальных отложений ($al\,Q_{II-IV}$). Данный комплекс распространен на юге и юго-западе района. Он протягивается полосой шириной 5—15 *км* вдоль долины р. Иртыша, объединяя водоносные горизонты пойменных и надпойменных террас. Водовмещающими породами являются пески от мелкозернистых до гравийных, реже валунно-галечные отложения, супеси и суглинки. Гранулометрический состав пород укрупняется к основанию разреза и в южном направлении. Мощность комплекса в среднем 7—12 *м*, в северном направлении она увеличивается и на отдельных участках достигает 20—30 *м*. Ложем для аллювиальных отложений долины р. Иртыша, как правило, служат глины неогена (аральской и павлодарской свит) и лишь на отдельных участках породы описываемого комплекса залегают на песчано-глини-

стых отложениях верхнего олигоцена. Высокие террасы перекрыты супесчано-суглинистым покровом.

Водоносный комплекс содержит в основном грунтовые воды, на отдельных участках они приобретают местный напор. Глубина залегания уровня грунтовых вод обычно 1,5—3—5 *м*, достигая на высоких террасах 10—12 *м*.

Водообильность пород комплекса неравномерна по разрезу и по площади и зависит от состава водосодержащих пород. Удельные дебиты скважин колеблются от сотых долей до 1 *л/сек*, в отдельных случаях достигают 5—6 *л/сек*. Воды пресные с минерализацией до 1 *г/л*, однако на отдельных участках минерализация их повышается до 3—5 *г/л*. Повышение минерализации наблюдается в нижних частях комплекса у контакта с соленосными глинами неогена и в приповерхностных частях террас при неглубоком залегании уровня подземных вод, где активно действуют процессы засоления и др.

Состав вод обычно гидрокарбонатный кальциевый и натриевый, с повышением минерализации вод в составе их начинают преобладать сульфатные и хлоридные ионы.

Питание водоносный комплекс получает в основном за счет атмосферных осадков, что находит четкое отражение в колебаниях уровня подземных вод. Направление потока подземных вод совпадает с направлением течения р. Иртыша. Разгрузка вод комплекса осуществляется в реку, а также путем испарения и транспирации растениями. Практическое значение комплекса как источника водоснабжения весьма значительно.

2. Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (аллювиально-делювиального, делювиально-пролювиального и эолового) генезиса (Q_{II-III}). Данные воды в пределах бассейна распространены широко как на водораздельных пространствах, так и в долине р. Иртыша. Водоносными являются разрозненные, реже сообщающиеся между собой прослои глинистых песков и супесей в толще суглинков. Общая мощность отложений колеблется от 1—2 до 10—20 *м*, мощность отдельных водосодержащих прослоев — от долей метра до нескольких метров. Подстилаются покровные отложения суглинками краснодубровской свиты, песками кочковской свиты и высоких террас р. Иртыша. Воды как грунтовые, так и с местными напорами. Глубина залегания вод варьирует от долей до 10—120 *м*. Водообильность пород, как правило, невелика. Расходы колодцев колеблются от тысячных до десятых долей литра в секунду и лишь в отдельных случаях достигают 1 *л/сек*. Минерализация и состав вод весьма пестрые и находятся в зависимости от ряда причин, в первую очередь от количества атмосферных осадков, от рельефа местности и наличия древесной и кустарниковой растительности, способствующих задержанию осадков, от состава водосодержащих пород, от глубины залегания подземных вод.

Воды пресные, солоноватые и соленые гидрокарбонатные кальциево-натриевые, сульфатные натриевые и хлоридные.

Практическое значение вод невелико, хотя сельское население в отдельных случаях использует их.

3. Водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных отложений касмалинской свиты (Q_{II-III} ksm). Данный горизонт распространен на востоке района. Водовмещающими являются аллювиальные отложения древней речной сети, перевеянные с поверхности (так называемые «боровые» пески) и закрепленные растительностью — сосновым бором. Это мелкозернистые, реже среднезерни-

стые и гравелистые пески с линзами и прослоями песчанистых глин, супесей и суглинков. Довольно часто гранулометрический состав укрупняется и водопроницаемость увеличивается к основанию разреза. Мощность водовмещающих пород изменяется от 5—10 до 20—30 *м* и более. Мощность верхней перевеянной части песков достигает 8—15 *м*. Подстилаются отложения касмалинской свиты водосодержащими песками кочковской свиты.

Горизонт содержит безнапорные воды, впрочем иногда отмечаются слабые местные напоры там, где сверху залегают глинистые прослои и линзы. Глубина залегания подземных вод уменьшается в юго-западном направлении от 25—35 *м* на севере до 3—5 *м*, а иногда 1—1,5 *м* на юге.

По долине р. Иртыша наблюдается выклинивание грунтовых вод в виде нисходящих источников, причем наибольшее их количество встречается в местах распространения «боровых» песков. Дебиты отдельных родников иногда достигают 20 *л/сек*, а суммарный расход их на участках выклинивания составляет несколько сот кубометров в секунду. Уклон поверхности грунтовых вод равен в среднем 0,003—0,0035.

Водообильность пород из-за преобладания в их составе тонко- и мелкозернистых фракций (до 60%) небольшая и характеризуется дебитами скважин от сотых долей до 2 *л/сек* при понижениях уровня до 20 *м*. Коэффициенты фильтрации изменяются от 1 до 10 *м/сутки*, причем для мелкозернистых «боровых» песков они составляют 0,5—2 *м/сутки*.

Горизонт содержит воды хорошего качества с минерализацией от 0,5 до 1 *г/л*. Наибольшее распространение имеют гидрокарбонатные кальциевые и натриевые воды, реже сульфатные кальциевые и натриевые. На участках, где поверхность осложнена блюдцеобразными понижениями, вследствие чего уровни грунтовых вод залегают весьма близко, происходит их интенсивное испарение, в результате минерализация воды повышается до 5 *г/л*.

Питание водоносного горизонта осуществляется целиком за счет инфильтрации атмосферных осадков на площадях распространения «боровых» песков. Подземные воды горизонта используются для водоснабжения населенных пунктов.

4. Воды спорадического распространения нижнесреднечетвертичных отложений краснодубровской свиты (Q_{I-II} krd). Данные воды распространены в восточной части района, главным образом в пределах поднятия Балопан к северо-востоку от линии Самай — Семеновка — Бегень. Здесь в мощной толще тяжелых красно-бурых суглинков содержатся довольно редкие прослои супесей и в различной степени глинистых мелкозернистых песков, к которым приурочены подземные воды, гидравлически разрозненные или связанные.

Мощность всей толщи краснодубровской свиты варьирует от 10—20 до 50—60 *м*, мощность отдельных водосодержащих прослоев — от долей метра до нескольких метров. Подстилается краснодубровская свита песчаниками и глинистыми отложениями кочковской и павлодарской свит, а перекрыта маломощными покровными суглинками и супесями. Содержащиеся в супесчаных и песчаных прослоях воды, как правило, обладают местными напорами, величина которых достигает нескольких метров. Глубина залегания уровня колеблется от нескольких метров до 10—20 *м*. Водообильность пород слабая; удельные дебиты скважин колеблются от сотых до десятых долей литра в секунду. Воды по минерализации и составу пестрые, преобладают пресные и солоноватые гидрокарбонатные и сульфатные натриевые. Практического значения, как правило, воды не имеют.

5. Водоносный горизонт верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты ($N_2kč$) *. Этот горизонт широко распространен в пределах района. Южная и юго-западная границы его подходят вплотную к долине р. Иртыша, аллювиальные отложения которой срезают осадки кочковской свиты. Водовмещающими породами являются разнозернистые пески, гравийно-галечные отложения, супеси, суглинки и глины аллювиального, озерно-аллювиального, реже озерного генезиса. Мощность водоносного горизонта в среднем 10—20 *м*, на отдельных участках достигает 50 *м* и более.

Подошвой горизонта служат глины аральской и павлодарской свит, перекрывается он либо водоносными песками касмалинской свиты, либо суглинками краснодубровской свиты. В первом случае в отложениях кочковской свиты содержатся грунтовые воды (водоносные горизонты кочковской и касмалинской свит образуют единый водоносный комплекс с общим уровнем подземных вод), во втором — напорные. Глубина залегания подземных вод 20—60 *м*, на севере района 80—100 *м*. Величина напоров достигает 60—80 *м*, пьезометрический уровень устанавливается на глубинах от 3—5 до 25—30 *м* ниже поверхности земли. Водообильность незначительная. Дебиты скважин составляют 2—6 *л/сек* при понижениях 6—13 *м*, удельные дебиты изменяются от 0,5 до 2,5 *л/сек*. Суммарный расход родников, выклинивающихся по бровке второй надпойменной террасы, где разгружаются воды объединенного комплекса кочковской и касмалинской свит, 39—40 *л/сек*. Наиболее распространены гидрокарбонатные кальциевые и сульфатные натриевые воды с минерализацией до 0,5 *г/л*, общая жесткость 1,5—2 *мг·экв/л*.

Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и перетекания из вышележащих горизонтов, разгрузка — в р. Иртыш и в аллювиальный водоносный комплекс его террас. Большая площадь распространения, хорошее качество и высокая водообильность делают этот горизонт перспективным для водоснабжения.

6. Воды спорадического распространения миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$). Данные воды распространены на севере и северо-востоке района. Водовмещающими породами являются глинистые алевриты, тонко- и мелкозернистые пески, залегающие в виде прослоев в толще плотных, часто загипсованных глин. Количество прослоев, их мощность и крупность зерна песков увеличиваются в северном направлении. Мощность толщи павлодарской свиты колеблется от 10—15 до 20—25 *м*, мощность песчаных прослоев — от нескольких сантиметров до 5—10 *м*, в отдельных случаях на севере района пески выполняют весь разрез павлодарской свиты.

Воды песчаных прослоев, как правило, обладают местными напорами, величина которых достигает нескольких метров. Глубина залегания изменяется от 5—10 до 60—90 *м* (на севере и северо-востоке района). Водообильность пород самая различная, как правило, небольшая; удельные дебиты скважин не превышают десятых и сотых долей литра в секунду и лишь на отдельных участках на севере района достигают 2—3 *л/сек* По минерализации и составу солей воды различные: от пресных гидрокарбонатных натриевых до соленых с повышен-

* Этот водоносный горизонт в XXXIII томе монографии Гидрогеологии СССР «Северный Казахстан» описан как водоносный горизонт нижне-среднечетвертичных аллювиальных отложений кулундинской свиты. Уточнение стратиграфической принадлежности водосодержащих отложений проведено в соответствии с данными геологических исследований последних лет и утверждено на Межведомственном стратиграфическом совещании по ЗСН в 1967 г.

ным содержанием сульфатов и хлоридов преимущественно натрия и магния.

Питание воды получают в основном за счет перетока из вышележащих водоносных горизонтов, в меньшей степени в виде атмосферных осадков, выпадающих непосредственно на незначительные по площади участки, где породы павлодарской свиты обнажены. Практическое значение описываемые воды имеют лишь в северной части бассейна, где используются местным сельским населением.

Водоупорные глины аральской свиты (N_1ar) распространены почти повсеместно. Размыты они лишь на отдельных участках долины р. Иртыша (с. Семиярское и др.). На большей части территории глины жирные, восковидные с редкими маломощными прослоями мергелей, с друзами гипса и железисто-марганцовистыми бобовинами. Лишь на севере района, в пределах поднятия Балопан, в толще глин встречаются прослои глинистых алевритов и тонкозернистых слюдистых песков мощностью 0,1—5 *м*. Общая мощность глин возрастает в северном направлении от 20 до 50 *м* и более.

7. Водоносный комплекс олигоценовых отложений (Pg_3). Данный комплекс широко распространен в пределах описываемого района. Водовмещающими породами являются пески и алевриты, переслаивающиеся с глинами, среднего и верхнего олигоцена. Состав отложений меняется как по площади, так и в вертикальном разрезе. В краевой северо-западной части бассейна и на юге его в полосе, примыкающей к долине р. Иртыша, в разрезе преобладают пески от мелко- до крупнозернистых со средними значениями коэффициента фильтрации до 5 *м/сутки*. В северной части бассейна и в центральных его частях в разрезе, особенно в верхней и нижней его частях, преобладают мелкозернистые пески и алевриты и лишь в средних частях разреза сохраняются прослои среднезернистых песков со средним значением $K_ф$ около 1,5 *м/сутки*.

Прослои глин значительно увеличиваются в мощности на востоке и на юго-востоке района, где вблизи поднятия Балопан составляют подавляющую часть разреза (с. Канонерка, отделение Лебяжинского совхоза и др.). Суммарная мощность водосодержащей толщи в краевых частях бассейна 5—20 *м*, в северных и центральных частях до 60—70 *м* и более. Залегание толщи моноклинальное, с пологим уклоном к центральным частям бассейна, подстилается она глинистыми отложениями чеганской свиты, которая, как уже указывалось, на северо-западе бассейна и в краевых его частях, примыкающих к древним поднятиям складчатого фундамента, содержит значительные по мощности прослои разнозернистых песков и гравелитов. Перекрывается описываемый водоносный комплекс глинистыми отложениями аральской свиты, которые на севере района содержат песчаные прослои. Глубина залегания комплекса колеблется от 50 до 100—130 *м*.

Подземные воды, приуроченные к песчаным прослоям, как правило, обладают напором до 50—60 *м*, реже они грунтовые. Водообильность пород в зависимости от их гранулометрического состава значительно варьирует от долей до 1—2 *л/сек* Дебиты отдельных скважин при самоизливе достигают 7 *л/сек* Воды обычно солоноватые, минерализация их колеблется от 1 до 2—3 *г/л*.

Состав вод гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый и кальциево-натриевый. Описываемый водоносный комплекс по мере его изучения и выделения площадей, содержащих пресные воды, возможно, будет иметь практическое значение в качестве источника водоснабжения.

Водоупорные глины чеганской свиты ($Pg_{2-3}cg$) повсеместно распространены в пределах бассейна. Чеганская свита в Ишим-Иртыш-

ском артезианском бассейне и во многих других бассейнах Западно-Сибирской артезианской области имеет значение регионального водоупора. Однако в Иртышском бассейне ее изолирующие свойства значительно ухудшаются. Здесь часто, особенно на юге, отложения чеганской свиты представлены как жирными, так и опесчаненными глинами с прослоями сильно глинистых мелкозернистых песков, алевритов и гравия. Вблизи горноскладчатого обрамления часты включения лигнизированной растительности (древесины, листьев, стеблей), пирита, ярозита и многочисленные ходы червей, пронизывающие всю толщу. Эти отложения, являющиеся лагунно-дельтовой фациеи (карасорская толща), в северном направлении переходят в плотные жирные монолитные глины чеганской свиты. Мощность карасорской толщи 20—30 *м*, на севере мощность глин чеганской свиты достигает 50 *м*. Мощность отдельных песчаных прослоев колеблется от нескольких сантиметров до метров.

8. Водоносный комплекс нерасчлененных меловых отложений (Cr). Данный комплекс широко распространен в Иртышском районе, занимая его северную и центральную части. Этот комплекс объединяет водоносные горизонты в отложениях нижнего и верхнего мела: в покурско-линьковской свите апт-альб-сеномана, в ипатовской пачке славгородской свиты коньяк-сантон-кампана, в песчаных отложениях турона и маастрихта (по всей вероятности, исходя из структурных и историко-геологических особенностей бассейна эти отложения также должны быть распространены в пределах северной его части). Площадь развития описываемого водоносного комплекса показана на рис. 31.

Водовмещающими породами являются в различной степени глинистые разнозернистые пески преимущественно от мелкозернистых до среднезернистых, переслаивающиеся с маломощными прослоями глин, не выдержанными ни в разрезе, ни по простиранию. Содержание глинистых пород уменьшается вверх по разрезу от 40—50 до 8—10%, в том же направлении возрастает содержание крупнозернистых песчаных фракций. Водоносный комплекс залегает на глинах нижнего мела либо на породах палеозойского складчатого фундамента (см. рис. 30). Перекрыт он описанными осадками карасорской толщи и чеганской свиты. Комплекс, залегание которого находится в соответствии со структурным планом бассейна, погружается в узкой осевой части прогиба и поднимается к бортовым его частям (см. рис. 30).

Максимальное погружение кровли бассейна до —50 *м*, максимальное поднятие +50 *м*. Мощность комплекса варьирует от 30—40 до 300—350 *м*. Причем мощность комплекса и глубина его залегания увеличиваются в северо-западном направлении. Воды комплекса напорные. Величина напора скважины, пробуренной в д. Ново-Николаевке (в северо-восточной части бассейна), составляет 130—150 *м*, пьезометрический уровень устанавливается здесь на глубине 72 *м* от дневной поверхности. Вблизи с. Лебяжье (долина р. Иртыша непосредственно к северу от описываемого района) напор составляет более 200 *м*, уровень устанавливается на 8—18 *м* выше дневной поверхности.

Водообильность пород в среднем определяется удельными дебитами скважин от 0,1 до 0,5, редко до 1—2 *л/сек*. Воды в основном пресные и лишь на северо-западе района развиты солоноватые (минерализация воды по скважине в д. Ново-Николаевке 0,7 *г/л*, в с. Лебяжье 0,1—2,2 *г/л*). Состав вод преимущественно гидрокарбонатный натриевый, в полосе развития вод повышенной минерализации в их составе преобладает сульфатный ион.

Воды описываемого комплекса весьма перспективны для практического использования. К северу за пределами района они широко используются для водоснабжения крупных населенных пунктов и орошения объектов сельского хозяйства.

Водоупорные глины киялинской свиты (Cr₁kl) и мезозойской коры выветривания почти повсеместно распространены в районе. Глины киялинской свиты приурочены в основном к наиболее погруженным частям

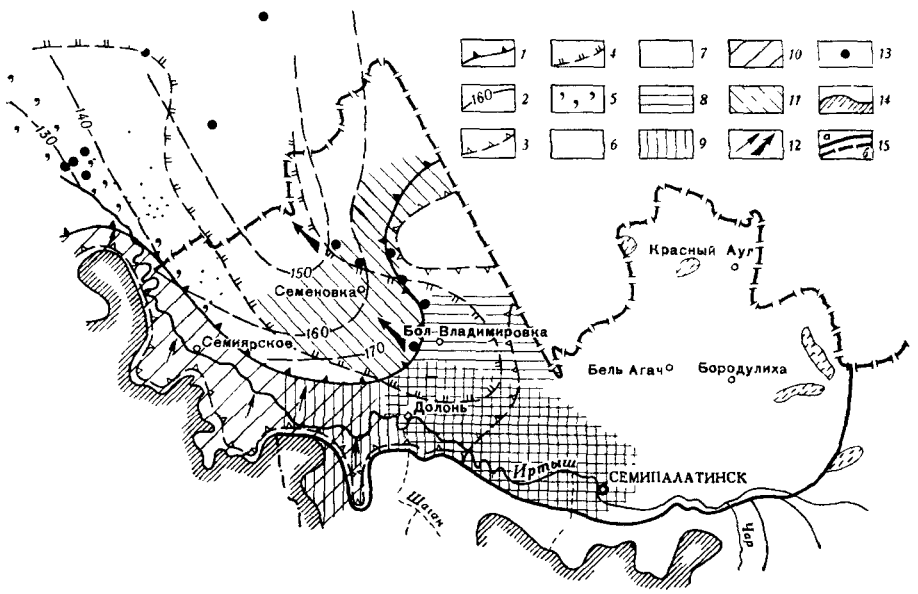


Рис 31. Схематическая гидрогеологическая карта водоносного комплекса нерасчлененных меловых отложений Иртышского артезианского бассейна (составила Б. Е. Антыпко)

1 — контур распространения водоносного комплекса нерасчлененных меловых отложений; *2* — пьезоизогипсы в абсолютных отметках; *3* — контур распространения перекрывающего водоупора — чеганской свиты; *4* — контур подстилающего водоупора — киялинской свиты; *5—7* — минерализация подземных вод (в *г/л*): *5* — от 1,5 до 3; *6* — от 1,5 до 1; *7* — менее 1; *8—11* — области предполагаемого питания: *8* — переток из Глуховского артезианского бассейна в основном по надчегановским водоносным комплексам с нисходящей фильтрацией через песчаные «окна» в чеганской свите; *9* — по глубоким разломам складчатого фундамента из Иртышской зоны смятия и др.; *10* — слабого бокового притока из трещиноватых пород складчатого фундамента Казахского мелкосопочника с последующей нисходящей фильтрацией через «окна» в чеганской свите; *11* — с весьма слабой нисходящей фильтрацией атмосферных осадков через толщу осадков в краевые зоны комплекса в основном в районах развития боровых песков; *12* — основное направление подземного стока; *13* — буровые скважины; *14* — выходы палеозойского фундамента на дневную поверхность, *15* — границы гидрогеологического района (*а*) и Восточного Казахстана (*б*)

бассейна, каолинитовые глины коры выветривания развиты шире. В приподнятых прибортовых частях бассейна они размыты. Толща глин, суммарная мощность которой колеблется от 10—20 до 60—80 *м* и более, является довольно надежным водоупором для всех вышележащих горизонтов и комплексов.

9. Трещинные и трещинно-жильные воды палеозойских отложений складчатого фундамента (Pz). Эти воды в пределах Иртышского бассейна не изучены. Имеются отрывочные сведения о наличии пресных и солоноватых вод в породах, выходящих на дневную поверхность в долине р. Иртыша.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Иртышский артезианский бассейн представляет собой краевую часть Ишим-Иртышского артезианского бассейна, который входит в систему бассейнов Западно-Сибирской плиты, являясь для него вершин-

ной частью, наиболее глубоко вдающейся в обрамляющие горноскладчатые сооружения. Иртышский бассейн в свою очередь имеет еще более высокую ступень, или горловину, расположенную непосредственно в предгорной части — Глуховский артезианский бассейн, складчатый фундамент которого приподнят на 200—400 *м* относительно фундамента Иртышского бассейна. Иртышский бассейн является региональным базисом подземного стока для Глуховского бассейна. С юга и запада к границам Иртышского бассейна подходят вплотную горноскладчатые сооружения Центрально-Казахстанского мелкосопочника, с его снивелированным рельефом, довольно мощным чехлом делювиально-пролювиальных отложений, перекрывающих зону развития трещинных солоноватых вод. Относительные превышения поверхности мелкосопочника над основанием бассейна в его бортовой части менее 100 *м*. К Глуховскому бассейну вплотную подходят предгорья Алтая, высокогорные хребты которого с их весьма активным поверхностным стоком располагаются менее чем в 200 *км*.

На севере Иртышского бассейна расположена западная оконечность Обь-Иртышского водораздела — возвышенность Балопан, складчатый фундамент в пределах которой приподнят на 100—200 *м* относительно фундамента Иртышского бассейна. На северо-западе Иртышский бассейн открывается в сторону Западно-Сибирской низменности, складчатый фундамент которой на протяжении 200—250 *км* погружается на север и северо-запад до абсолютных отметок —1000, —2000 *м* и ниже. В пределах же самого Иртышского бассейна, представляющего собой узкую и сравнительно неглубокую впадину, фундамент в бортовых частях имеет абсолютные отметки около +100 *м*, а в центральной и северной — до —400, —600 *м*.

Поверхностный сток представлен лишь полноводной р. Иртышом, текущей с высоких гор и не принимающей на всей остальной части бассейна *ни* одного притока (исключением является ее левый приток р. Чаган, не имеющая постоянного водотока).

В пределах бассейна появляется четкая вертикальная гидродинамическая и гидрохимическая зональность. Она определяется в первую очередь наличием в мезозойско-кайнозойском чехле двух региональных водоупоров (аральской и чеганской свит), изолирующая роль которых не равнозначная. Верхняя зона активного водообмена объединяет все водоносные горизонты и комплексы, залегающие по разрезу выше глин аральской свиты и сложенные в основном песчаными отложениями. Изоляция этой зоны от нижележащих часто усиливается глинами павлодарской свиты, которые на отдельных участках практически безводны. Питание этой зоны осуществляется за счет атмосферных осадков, наиболее легко проникающих на обширных площадях развития «боровых» песков касмалинской свиты. Значительную часть питания данная зона получает, видимо, путем перетока из гипсометрически выше расположенных водоносных горизонтов и комплексов Глуховского бассейна. В итоге здесь формируются весьма обильные пресные воды гидрокарбонатного кальциевого состава, активная разгрузка которых происходит в р. Иртыш, являющуюся для верхней зоны базисом подземного стока. В меньшей мере воды расходуются на транспирацию растениями, на испарение и переток в нижележащие зоны.

Вторая зона располагается между водоупорными глинами аральской и чеганской свит и представлена водоносным комплексом олигоценовых отложений. Условия водообмена этой зоны по сравнению с верхней несколько затруднены. Для литологического состава водосодержащих пород характерны частая фациальная изменчивость пород по простиранию и значительная роль глин. Питание комплекс получает

непосредственно за счет атмосферных осадков лишь на тех небольших участках, где он выходит на дневную поверхность (долина р. Иртыша в северной части бассейна и др.); некоторая часть питания, по-видимому, поступает как за счет вертикальной фильтрации через водоупоры, так и переливом из Глуховского бассейна. Разгрузка горизонта затруднена. Она осуществляется, по-видимому, главным образом через песчаные окна чеганской свиты в нижележащую зону.

Третья зона представлена водоносным комплексом нерасчлененных меловых отложений, сложенных песчаными разностями пород, роль глин в разрезе невелика. Водообмен происходит сравнительно более активно, чем во второй зоне. Питание она получает в основном в результате перетока из вышележащих водоносных горизонтов и комплексов в краевых частях бассейна, где изолирующие свойства чеганской свиты наиболее часто нарушаются из-за обилия прослоев песка и гравия. Здесь же в зону могут поступать атмосферные осадки, инфильтрующиеся через песчаные окна чеганской свиты, которая трансгрессивно перекрывает отложения мела. Значительную роль в питании зоны, по-видимому, могут играть трещинно-жильные воды, поступающие со стороны Алтая и Иртышской зоны разломов. Базисом подземного стока являются гипсометрически ниже расположенные водоносные горизонты и комплексы Ишим-Иртышского бассейна, Западно-Сибирской низменности. Общее направление подземного стока северо-западное, вдоль оси бассейна.

В этой зоне почти повсеместно формируются довольно обильные пресные воды гидрокарбонатного состава, и лишь в узкой полосе бассейна, непосредственно примыкающей к складчатым сооружениям Центрально-Казахстанского мелкосопочника, формируются солоноватые сульфатные воды, что, по-видимому, связано с составом поступающих трещинных вод.

Наибольшее практическое значение для организации централизованного водоснабжения в пределах описываемого района могут иметь следующие водоносные комплексы: среднечетвертичных — современных аллювиальных отложений, средне-верхнечетвертичных отложений касмалинской свиты, верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты и нерасчлененных меловых отложений.

2. ГЛУХОВСКИЙ РАЙОН (АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

Глуховский район представляет собой неглубокую (200—300 *м*) впадину, с трех сторон окруженную горноскладчатыми сооружениями. На востоке к нему вплотную подходят предгорья Рудного Алтая, Калбинского и Нарымского хребтов, геотектонические структуры которых разделены Иртышской зоной смятия; на севере расположена возвышенность Обь-Иртышского водораздела, на юге — Центрально-Казахстанский мелкосопочник.

Этот район, известный в литературе как Семипалатинское Прииртышье, геоморфологически является южным склоном Бель-Агачского поднятия, представляющего собой водораздел между реками Алей (левый приток Оби) и Иртышом. Значительная часть склона занята широкой полосой (20—25 *км*) перевеянных тонкозернистых дюнных песков, для которых характерны эоловые формы рельефа — барханы, гряды и гривы, закрепленные сосновым бором. Относительная высота дюн в центральной части боровой полосы достигает 20—25 *м*, значительно уменьшаясь на ее окраинах.

Севернее района развития эоловых песков вплоть до линии водораздела значительная площадь (около 1500 *км*^{2}) представляет собой куполовидное останцовое плато с плоскоравнинной вершиной, вытянутой в субширотном направлении, с дефляционно-террасированными склонами. Абсолютные отметки поверхности плато варьируют от 360 до 420 *м*, снижаясь в южном направлении к долине р. Иртыша до 260 *м* и ниже. Здесь, на юге района, развит рельеф эрозионно-аккумулятивного типа, в образовании которого главную роль играет современная деятельность р. Иртыша.

Климат района резко континентальный, с жарким сухим летом и холодной зимой. Количество выпадающих осадков изменяется от 217 до 275 *мм* в год.

В геологическом строении Глуховского района принимают участие породы палеозойского и кайнозойского возраста. Вскрытые буровыми скважинами породы палеозойского фундамента представлены на большей части площади темно-серыми углисто-глинистыми сланцами, аргиллитами и алевролитами такырской свиты верхнего девона — нижнего карбона, песчаниками и известняками байсумской свиты нижнего карбона и гранодиоритовыми интрузиями. Породы палеозоя трещиноваты в верхней части до глубины 100—150 *м*. В контактовых зонах с интрузиями трещиноватость значительно увеличивается.

В основании рыхлого кайнозойского чехла залегают глины аральской свиты миоцена. На отдельных участках эти глины размыты и замещаются породами павлодарской свиты миоцен-плиоцена, которые представлены различными литолого-фациальными разностями: от плотных озерных глин до гравийно-галечных отложений аллювиального и делювиально-пролювиального генезиса. Выше залегает мощная толща глин, суглинков и песков кочковской свиты верхнего плиоцена. На них с размывом залегают отложения четвертичного возраста. Вблизи р. Иртыша, заполняя его древнюю долину, располагаются пески касмалинской свиты средне-верхнечетвертичного возраста (Q_{II-III}ksm); в северной половине района, перекрывая чехлом осадки дочетвертичного возраста, залегают лёссовидные суглинки и супеси краснодубровской свиты нижне-среднечетвертичного возраста (Q_{I-II}krd). К долине р. Иртыша приурочены довольно мощные аллювиальные отложения от среднечетвертичного до современного возраста (al Q_{II-IV}), повсеместное распространение имеют покровные супеси, суглинки и пески делювиально-пролювиального и эолового генезиса средне-верхнечетвертичного возраста (Q_{II-III}) (рис. 32).

Глуховский район представляет собой артезианский бассейн, в пределах которого широко распространены порово-пластовые воды кайнозойского чехла и трещинные воды палеозойского фундамента.

ОПИСАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КОМПЛЕКСОВ

В районе распространены следующие водоносные горизонты и комплексы и воды спорадического распространения: 1) водоносный комплекс среднечетвертичных — современных аллювиальных отложений (al Q_{II-IV}); 2) воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (делювиально-пролювиального и эолового) генезиса (Q_{II-III}); 3) водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных отложений касмалинской свиты (Q_{II-III}ksm); 4) воды спорадического распространения нижне-среднечетвертичных отложений краснодубровской свиты (Q_{I-II}krd); 5) водоносный горизонт верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты (N_2kč); 6) водонос-

ный комплекс миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{I-2}pv$), 7) трещинные и трещинно-жильные воды палеозойских отложений складчатого фундамента (Pz)

1. Водоносный комплекс среднечетвертичных — современных аллювиальных отложений (alQ_{II-IV}). Данный комплекс распространен на юге района, протягиваясь узкой полосой шириной от 1 до 6—8 *км* в пределах пойм и всех надпойменных террас рек Иртыша и Шульбинки

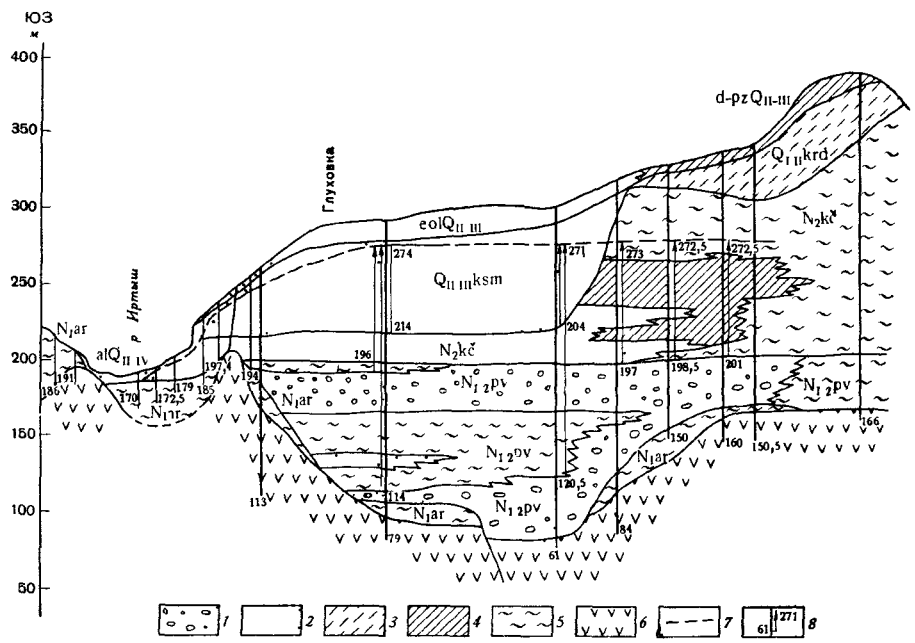


Рис 32 Геолого гидрогеологический разрез Глуховского артезианского бассейна (составил С Т Тлекин)

1 — пески с гравием и галькой *2* — пески *3* — супеси и суглинки с подчиненными прослоями песков *4* — суглинки с подчиненными прослоями супесей и песков *5* — глины *6* — породы палеозойского складчатого фундамента *7* — уровень подземных вод, *8* — буровые скважины

Водовмещающими породами являются пески различного механического состава с гравием и галькой, гравийно-галечные отложения, суглинки, супеси. Почти повсеместно гранулометрический состав отложений становится более грубым к основанию разреза. Мощность водовмещающих пород изменяется от 5 до 12—15 *м*, в среднем же она составляет 6—9 *м*. Отложения содержат безнапорные воды, залегающие обычно на глубине 1—3 *м* и имеющие общее направление движения, совпадающее с направлением течения реки. Водоупором для них служат глины неогена, реже мезозойская кора выветривания. Для водоносного горизонта характерны близкое залегание уровня грунтовых вод (1,5—3 *м*) и высокая водообильность; наблюдается некоторое уменьшение водообильности отложений в направлении к бортам долины, что находится в соответствии с изменением гранулометрического состава водовмещающих пород

Дебиты колодцев колеблются от 0,03 до 1 *л/сек* при понижениях уровня на 0,1—0,2 *м*, расходы родников обычно составляют 1,3 *л/сек*. Дебиты скважин большого диаметра достигают 20—50 *л/сек*. Наибольшие дебиты получены в прирусловой части р Иртыша, где водовме-

щающие отложения представлены грубообломочными отложениями В скважинах, пройденных в гравийно-галечных отложениях первой над пойменной террасы, расходы 13—15 *л/сек*, на второй и третьей террасах — 5—7 *л/сек* при понижении уровня на 1 *м*, в тонкозернистых песках и суглинистых отложениях прибортовой части расходы скважин, как правило, составляют 0,04—0,2 *л/сек*

Воды горизонта преимущественно пресные с минерализацией 0,5 *г/л*, гидрокарбонатные кальциевые и натриевые с общей жесткостью до 7 *мг·экв/л* На отдельных участках с близким залеганием уровня грунтовых вод в результате испарения минерализация повышается до 2 и даже 5 *г/л*, иногда воды становятся сульфатными и хлоридными натриевыми, жесткость достигает 52,2 *мг·экв/л*

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет речных подводковых вод и инфильтрации атмосферных осадков Учитывая связь вод подруслового потока с рекой, можно считать, что эксплуатационные ресурсы его огромны Воды этого горизонта широко используются для водоснабжения

2 Воды спорадического распространения в покровных средне-верхнечетвертичных отложениях смешанного (делювиально-пролювиального и эолового) генезиса (Q_{II-III}) Данные воды развиты на севере и северо-востоке района Водовмещающие породы представлены переслаивающимися суглинками, супесями, тонкозернистыми часто глинистыми песками, реже галечниками, не выдержанными по простиранию и мощности По генезису это труднорасчленяемые делювиально-пролювиальные, озерно-аллювиальные, эолово-аллювиальные отложения, покрывающие значительные площади водораздельных пространств и слабо разработанных долин малых рек и ручьев

Ввиду преобладания в разрезе суглинистых и глинистых разностей единого и хорошо прослеживаемого по разрезу и площади водоносного горизонта здесь не наблюдается Подземные воды приурочены к гидравлически слабо связанным между собой песчаным линзам и прослоям Общая мощность отложений достигает 15—20 *м*, мощность же обводненной зоны изменяется от 3—5 до 10 *м* Воды безнапорные, однако иногда в зависимости от местных условий наблюдается небольшой напор Вскрываются они на глубинах от 1—1,5 до 7—8 *м* Водоупором служат суглинки краснодубровской свиты, глины неогена, мезозойская кора выветривания, иногда водосодержащие покровные отложения залегают непосредственно на палеозойских породах

Водообильность пород невелика, дебиты колодцев колеблются от 0,1—0,14 до 0,2—7 *л/сек* Коэффициенты фильтрации пород изменяются от 0,02 до 2 *м/сутки* Воды характеризуются большой пестротой минерализации (от 0,2 до 6—7 *г/л*) Неглубокое залегание грунтовых вод, способствующее интенсификации испарительных процессов, близость загипсованных глин неогена влекут за собой увеличение минерализации Пресные воды обычно развиты там, где водосодержащие отложения залегают непосредственно на палеозойских породах Воды с минерализацией до 1 *г/л* гидрокарбонатные кальциево-натриевые, с минерализацией 2—3 *г/л* и выше — сульфатные натриевые

Питание и режим вод спорадического распространения зависят от количества выпадающих на площади их распространения атмосферных осадков Воды используются главным образом для водоснабжения небольших населенных пунктов и для водопоя скота

3 Водоносный горизонт средне верхнечетвертичных отложений касмалинской свиты ($Q_{II-III}ksm$) Данный горизонт окаймляет Бель-Агачское поднятие с юга и юго запада в виде

полосы шириной местами до 20—25 *км*. Южной границей площади его развития служит вторая обрывистая терраса р. Иртыша. Водовмещающие отложения представлены разнозернистыми песками с прослоями и линзами супесей. Описываемый горизонт залегает под чехлом эоловых песков мощностью 10—15 *м*.

Кровля горизонта в основном повторяет положение рельефа поверхности с колебаниями абсолютных отметок от 210 до 295 *м*, причем снижение последних происходит в южном направлении, в сторону современной долины р. Иртыша. Подошва водоносного горизонта залегает почти горизонтально на абсолютных отметках 200—210 *м*. Местами водоупором служат глины кочковской свиты, а во многих местах, где горизонт залегает непосредственно на водоносных отложениях той же свиты, они составляют единый водоносный комплекс. Общая мощность изменяется от 10—15 до 80—85 *м*; максимальные мощности вскрываются в центральной части района, а минимальные — на южной кромке боровой полосы.

Горизонт содержит безнапорные воды, падение уклона зеркала которых находится в тесной зависимости с понижением абсолютных отметок поверхности.

Глубина залегания уровня, как правило, изменяется в юго-западном направлении от 20—25 до 3—5 *м* По южной кромке бора, севернее г. Семипалатинска, наблюдается непосредственное выклинивание подземных вод и их разгрузка в виде нисходящих источников. Абсолютные отметки уровня колеблются в пределах 265—275 *м* в центральной части бассейна и 210—220 *м* — на юге. Уклон поверхности грунтовых вод в среднем 0,003—0,0035.

Водообильность песков касмалинской свиты небольшая и обычно варьирует от 0,7 до 1,5—2 *л/сек* при понижениях уровня до 10 *м*. В соответствии с изменением механического состава водовмещающих отложений их водообильность изменяется как по площади, так и в вертикальном разрезе. Наибольшая производительность скважин наблюдается в нижней части водоносного горизонта и в южном направлении, где дебиты отдельных выработок составляют 1,6—4,2 *л/сек* при снижениях уровней на 2,5—3 *м* (район г. Семипалатинска); дебиты отдельных родников в местах выклинивания вод по кромке «боровых» песков достигают 20 *л/сек*. Реже водообильность пород из-за преобладания в их составе тонко- и мелкозернистых фракций (более 60%) характеризуется дебитами от сотых долей до 2 *л/сек* при понижениях уровня до 20 *м*. Коэффициенты фильтрации изменяются от 1 до 10 *м/сутки*, причем коэффициенты фильтрации мелкозернистых «боровых» песков составляют 0,5—2 *м/сутки*.

Залегая первым от поверхности, водоносный горизонт касмалинской свиты содержит воды исключительно хорошего качества. Общая минерализация их колеблется в пределах 0,15—0,3 *г/л*. Состав вод гидрокарбонатный кальциевый. Общая жесткость не превышает 3—4 *мг·экв/л*, а карбонатная — 2 *мг·экв/л*; pH=7—7,9, т. е. воды почти нейтральные или слабо щелочные. Величина окисляемости составляет 0,8—1,3, что указывает на малое количество в воде органических веществ.

По физическим свойствам воды прозрачные, без цвета, без запаха. Температура воды изменяется в пределах 9—11°С. Воды горизонта широко используются для водоснабжения небольших населенных пунктов.

4. Воды спорадического распространения нижнесреднечетвертичных отложений краснодубровской свиты ($Q_{I-II}krd$). Данные воды имеют ограниченное распространение

и вскрываются лишь в центральной части южного склона Бель-Агачского поднятия. Водовмещающие отложения представлены мелкозернистыми песками и супесями (встречающимися в толще глин). Песчаный материал чаще вскрывается скважинами на юге участка распространения краснодубровской свиты, тогда как к северу пески фациально замещаются глинами.

Общая мощность толщи 15—20 *м*, а мощность водоносных прослоев не превышает 5—8 *м*. Воды, приуроченные к ним, слабонапорные. Статический уровень устанавливается на глубинах от 4 *м* на юге бассейна до 15 *м* — на севере.

Дебит скважин изменяется от 0,005 до 0,5 *л/сек* при понижении на 4—6 *м*. Воды обладают пестрым химическим составом и различной минерализацией. Последняя варьирует от 0,4 до 3,3 *г/л*. По составу воды гидрокарбонатные и сульфатные натриевые, жесткость их колеблется от 2,5 до 7 *мг·экв/л*. Воды практического значения не имеют.

5. Водоносный горизонт верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты ($N_2kč$). Это один из основных водоносных горизонтов бассейна, широко распространенный по всему правобережью р. Иртыша. Северная граница площади его распространения проходит через села Троицкое — Михайловка, пересекает ленточный бор южнее с. Камышенка и далее на восток уходит за пределы исследованного района; восточная и западная границы открыты в сторону соседних районов, а южная подходит вплотную к отложениям второй надпойменной террасы р. Иртыша. Водоносный горизонт представляет собой древнюю долину р. Иртыша верхнеплиоценового времени, заполненную толщей супесчано-суглинистых и песчано-гравийных отложений. К нему приурочен ряд месторождений подземных вод.

Наиболее хорошо изучен горизонт в пределах Глуховского месторождения. Здесь водоносный горизонт кочковской свиты занимает площадь около 2500 *км*^{2} и имеет форму вытянутого в субширотном направлении пласта. Водовмещающие породы сложены темно-серыми крупно- и разнозернистыми песками с гравием и галечниками, местами с незначительными прослоями суглинков и супесей. Последние часто встречаются в северной части месторождения в местах фациальных замещений песчаных отложений глинами этой же свиты.

Как видно из рис. 32, кровля водовмещающих отложений залегает на абсолютных отметках 200—210 *м*, а подошва — 180—195 *м*. Мощность водовмещающих пород на площади месторождения выдержана и составляет около 15—20 *м*; у южной и северной границ распространения свиты она уменьшается до 5 *м* и достигает максимальной величины 20—25 *м* в центральной части долины, где расположен участок водозабора Воскресеновка. На участке водозабора Бель-Агач мощность водоносного горизонта уменьшается до 8—10 *м* и он фациально переходит в песчано-глинистые образования водоупорной толщи. В зависимости от абсолютных отметок рельефа местности водоносный горизонт вскрывается на глубинах от 85—90 *м* в районе водозабора Воскресеновка до 135—140 *м* на участке Бель-Агач. В долине р. Иртыша, на контакте с отложениями второй террасы, горизонт выходит на поверхность и дренируется в виде многочисленных нисходящих источников на протяжении 6—10 *км*.

Водоупорным ложем на значительной площади месторождения служат светло-коричневые слабо песчанистые плотные глины павлодарской свиты неогена, мощность которых постепенно увеличивается в западном направлении. В северо-восточной, восточной и юго-восточной частях месторождения водоносный горизонт лишен водоупора и непосредственно залегает на водоносных отложениях павлодарской свиты,

имея с ними тесную гидравлическую связь. Участки отсутствия водоупорных глин в основном закономерно совпадают с площадью развития Касмалинской долины, где водоупор между основными водоносными горизонтами размыт русловым потоком древнего Иртыша.

В пределах южного склона Бель-Агачского поднятия благодаря наличию над водоносным горизонтом мощной толщи песчано-глинистых отложений верхней части кочковской свиты последний обладает напорным уровнем. Здесь пьезометрический уровень воды устанавливается на абсолютных отметках 260—275 *м*. Величина его изменяется от 50 *м* в центральной части долины до 65—70 *м* в районе водозабора Бель-Агач. В пределах боровой полосы горизонт имеет безнапорный уровень, совпадающий с уровнем вышележащего водоносного горизонта касмалинской свиты.

Уклон зеркала подземных вод кочковской свиты совпадает с общим направлением потока на юго-запад. Наличие тесной гидравлической связи между водоносными горизонтами Глуховского артезианского бассейна установлено рядом скважин. Коэффициент водоотдачи, определенный как лабораторным способом, так и опытным путем, находится в пределах 0,15—0,17 *м*.

Фильтрационные свойства водовмещающих отложений хорошие. Средние значения коэффициентов фильтрации, водопроводимости и пьезопроводности водоносного горизонта кочковской свиты по Глуховскому месторождению соответственно составляют 27 *м/сутки*, 938 $м^2/сутки$, $0{,}24 \cdot 10^5$ $м^2/сутки$. Водообильность водоносного горизонта кочковской свиты сравнительно высокая и находится в тесной зависимости с гранулометрическим составом, характером залегания и связью с водоносным горизонтом касмалинской свиты, который перекрывает описываемый водоносный горизонт на участках развития боровой полосы. Дебиты отдельных скважин составляют 12—16 *л/сек* при понижениях уровня на 4,5—7,7 *м*, а на участке водозабора Воскресеновка дебит отдельной скважины составил 35 *л/сек* при понижении уровня на 8,5 *м*. Удельные дебиты скважин 2,5—4 *л/сек*. Дебиты родников колеблются от 5—7 до 350—550 *л/сек*. Воды горизонта пресные с минерализацией 0,2—0,6 *г/л*, причем в изменении химического состава наблюдается определенная закономерность. В пределах боровой полосы, где водовмещающие отложения кочковской свиты залегают непосредственно под толщей песков первого от поверхности водоносного горизонта касмалинской свиты, минерализация их не превышает 0,3 *г/л*. В центральной части бассейна, где подземные воды кочковской свиты залегают под толщей песчано-суглинистых образований и приобретают напорный характер, минерализация воды незначительно повышается и составляет 0,4—0,5 *г/л*, состав вод гидрокарбонатный кальциевый, общая жесткость 2—3 *мг·экв/л*, pH=7,1—7,3. По мере удаления на север к южным склонам Бель-Агачского поднятия, где в составе водовмещающих пород преобладают глинистые разности, эти воды постепенно замещаются водами гидрокарбонатного натриевого, реже гидрокарбонатно-сульфатного состава. Минерализация их возрастает до 0,6 *г/л*. Величина общей и карбонатной жесткости достигает 2—5 *мг·экв/л*.

Питание водоносного горизонта происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков через водоносный горизонт касмалинской свиты. Участком наиболее интенсивного питания водоносного горизонта, так же как и водоносных горизонтов бассейна в целом, является северная прибортовая часть Касмалинской долины.

Разгрузка вод горизонта осуществляется путем выходов на дневную поверхность в виде родников, перетоком в нижележащий водонос-

ный горизонт павлодарской свиты, в водоносный комплекс аллювиальных отложений р. Иртыша и в водоносные горизонты и комплексы соседнего Иртышского артезианского бассейна. Описываемый водоносный горизонт имеет большое практическое значение для водоснабжения населенных пунктов. В настоящее время на водах этого горизонта в основном базируется водоснабжение г. Семипалатинска.

6. Водоносный комплекс миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты ($N_{1-2}pv$). Данный комплекс весьма широко распространен в пределах Глуховского артезианского бассейна. Водосодержащие отложения павлодарской свиты представляют собой русловую часть древней долины пра-Иртыша, окаймленную водонепроницаемой толщей глин этой же свиты. Погребенная долина имеет широтное простирание. Длина ее 60—65 *км*, а ширина 30—32 *км*. Северная граница проходит в 4—5 *км* южнее ст. Бель-Агач через села Троицкое и Петропавловка, а затем через с. Зубаир направляется на север. Восточная граница ее замыкается в 4—6 *км* восточнее с. Михайловское, а южная, почти повторяя очертание современной долины р. Иртыша, проходит в 6—10 *км* севернее г. Семипалатинска и сливается с руслом реки в районе старого города.

Литологически водоносный горизонт представлен разнозернистыми песками, постепенно книзу переходящими в гравийно-галечниковые образования. Толща песков и гравийно-галечников часто разделена линзами и прослоями глин, в основном на участках депрессий палеозойского фундамента. В главной своей массе водоносный горизонт однороден и выдержан на всей площади бассейна, наибольшую мощность (около 75 *м*) он имеет в осевой части долины. В северном и южном направлениях его мощность постепенно уменьшается и составляет 15—20 *м* вблизи бортовых участков древней долины. Водоносный горизонт в пределах бассейна непосредственных выходов на дневную поверхность не имеет. Он изолирован на значительной площади залегающими в его кровле и подошве глинистыми образованиями. Кровля водовмещающих отложений расположена на абсолютных отметках 185—190 *м* и в зависимости от высотного положения рельефа вскрывается на различных глубинах: 135—140 *м* на участке детальной разведки Бель-Агач и 110—115 *м* — на участке Воскресеновка. Подошва водоносного горизонта вскрывается на абсолютных отметках 125—120 *м* в центральной части бассейна, 150—155 *м* на южном склоне Бель-Агачского поднятия и 140—145 *м* в долине р. Иртыша.

Воды обладают значительным напором. Величина пьезометрического уровня, подчиняясь общей закономерности распространения подземных вод бассейна, постепенно уменьшается в южном направлении с 75 до 25 *м*. Общий уклон и абсолютные отметки зеркала напорных вод совпадают с уклоном подземных вод вышележащих водоносных горизонтов, что указывает на наличие тесной гидравлической связи между ними.

На большей части развития горизонта, особенно в центре долины, в кровле его залегают водоупорные глины, мощность которых с востока на запад увеличивается с 5 до 15—20 *м*. Они значительно затрудняют водообмен в водовмещающих отложениях неогена и создают определенный напор уровня для водоносного горизонта павлодарской свиты. В районе проектируемого водозабора Воскресеновка и севернее, а также в восточной части бассейна водоупорные глины между кочковской и павлодарской свитами размыты и водоносные горизонты неогена составляют единый водоносный комплекс с единым напорным уровнем. Благодаря этому гидравлическая связь водоносных горизонтов наблюдается и на других участках бассейна, где их разделяют

водоупорные глины. Таким образом, общая взаимосвязь всех трех водоносных горизонтов бассейна — *касмалинской, кочковской и павлодарской* свит — обеспечивает единый напорно-безнапорный уровень, свободный водообмен между ними и благоприятные условия для формирования подземных вод в пределах бассейна в целом.

В соответствии с механическим составом водовмещающих отложений фильтрационные свойства их сравнительно хорошие. Средние значения коэффициентов фильтрации и водопроводимости соответственно равны 16—20 *м/сутки* и 900—1300 *м²/сутки*.

Водоносный горизонт обладает сравнительно хорошей водообильностью, почти устойчивой по всему месторождению. Так, например, если дебиты разведочно-эксплуатационных скважин участков проектируемых водозаборов, расположенных в центральной части долины, составляют 40—45 *л/сек* (участок Воскресеновка) и 20—25 *л/сек* (участок Бель-Агач) примерно с одинаковыми удельными дебитами 3,5—6 *л/сек*, то дебиты скважин в бортовых частях долины на самоизливах достигают 80 и 110 *л/сек* при снижениях уровней на 15—20 *м*. Дебиты большинства поисково-разведочных скважин составляют 20—25 *л/сек* при понижениях уровня на 7—9 *м*. Подземные воды павлодарской свиты повсеместно пресные с сухим остатком от 0,8 до 0,6 *г/л*, обычно 0,5 *г/л*, воды гидрокарбонатного кальциевого состава. Общая жесткость 0,9—3,6 *мг·экв/л*, карбонатная 1—3,5 *мг·экв/л*. Воды имеют слабо щелочную реакцию, pH=7,2—7,6.

Питание подземных вод павлодарской свиты происходит, так же как питание других водоносных горизонтов бассейна, за счет инфильтрации атмосферных осадков через «окна» (т. е. участки, где водоупорные глины отсутствуют и водоносный горизонт кочковской свиты залегает непосредственно на водовмещающих отложениях павлодарской свиты), в основном в восточной и северной частях бассейна. Разгрузка горизонта осуществляется перетоком в Иртышский артезианский бассейн. Подземные воды *павлодарской свиты* имеют большое практическое значение и широко используются для водоснабжения. Горизонт перспективен для организации водоснабжения весьма крупных потребителей.

Водоупорная толща глин аральской свиты неогена (N_1ar) имеет фрагментарное распространение в виде останцовых полей, сохранившихся от размыва. Залегают они на породах палеозойского складчатого фундамента под отложениями павлодарской свиты. Мощность глин аральской свиты варьирует от 1—2 до 30—40 *м*.

7. Трещинные и трещинно-жильные воды палеозойских отложений складчатого фундамента (Pz). Эти воды развиты повсеместно в пределах бассейна. Приурочены они к верхней трещиноватой зоне осадочных пород, слагающих такырскую и байсумскую свиты верхнего девона — нижнего карбона, и интрузивных образований. На большей части территории они перекрыты чехлом кайнозойских отложений и выходят на дневную поверхность на севере и северо-востоке бассейна.

Водовмещающими породами являются сланцы, песчаники, роговики, микрокварциты, гнейсы и гранитоиды. Мощность верхней трещиноватой зоны в среднем не превышает 10—15 *м*, в отдельных случаях достигает 40 *м*. На большей части территории воды имеют напорный характер и вскрываются на глубинах до 250—300 *м* и более. Уровень воды устанавливается на глубинах от 5 до 30 *м*, иногда больше. Дебиты скважин не превышают 0,5—1 *л/сек* при понижении до 80 *м*.

По зонам тектонических нарушений дебиты увеличиваются до 1,3 *л/сек* при понижениях на 20—24 *м*. Воды обычно солоноватые с су-

хим остатком от 1,5 до 10 *г/л* (с. Васильевка). Жесткость воды 5,5—26,5 *мг·экв/л*. По составу воды хлоридные и сульфатные натриевые. В местах выхода палеозойских пород на дневную поверхность, в зоне открытой трещиноватости, глубина залегания вод колеблется от 4 до 70 *м*, мощность обводненной зоны достигает 40 *м*, воды в основном пресные с минерализацией до 1 *г/л* гидрокарбонатные кальциевые.

Практическое значение вод зоны открытой трещиноватости в пределах описываемого района незначительное из-за сравнительно большой глубины их залегания и повышенной минерализации. Для водоснабжения они могут быть использованы лишь на северо-востоке района, где выходят на дневную поверхность.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Основным источником питания подземных вод бассейна являются атмосферные осадки, выпадающие в пределах развития песчаных массивов боровой полосы площадью 1750 *км*^{2} и супесей-суглинков южного склона Бель-Агачского поднятия, площадь которого равна 650 *км*^{2}. Уклон поверхности в сторону боровой полосы сравнительно крутой, что способствует быстрому стеканию влаги с поверхности склонов.

По данным метеостанций района за многолетний период (1929—1967 гг.) количество атмосферных осадков составляет 204—275 *мм* в год, 63% которых выпадает в летние месяцы. Бóльшая часть осадков, выпадающая весной и осенью, благодаря уклону местности стекает к песчаной боровой полосе, а летние осадки уходят полностью на испарение и транспирацию.

Просачивающиеся весной и осенью атмосферные осадки у северной кромки песчаного массива и в пределах его развития дают начало формированию подземных вод касмалинского водоносного горизонта. Размеры питания горизонта за счет атмосферных осадков устанавливаются по расходу грунтового потока, который выклинивается по правобережью р. Иртыша. Высокие фильтрационные свойства песков касмалинской свиты (до 20 *м/сутки*) и барханно-грядовый рельеф создают весьма благоприятные условия для инфильтрации выпадающих осадков. Благодаря этому около 50—55 *мм* годовых осадков инфильтруется через пески и идет на питание подземных вод. Атмосферные осадки через пески касмалинской свиты проникают в более глубоко залегающие водоносные горизонты кочковской и павлодарской свит в результате тесной гидравлической связи между ними, насыщая их пресными водами.

Общий поток подземных вод бассейна в основном направлен вкрест простирания современной долины р. Иртыша на юг и юго-запад, что в значительной мере совпадает с общим уклоном поверхности. С резким падением абсолютных отметок поверхности увеличивается уклон зеркала подземных вод, и в бортовой части второй и третьей террас правобережья р. Иртыша происходит пластовый выход подземных вод на поверхность в виде многочисленных источников с расходами от 5—7 до 530 *л/сек*.

На протяжении 55—60 *км* суммарный расход всех речек и самоизливающих скважин согласно данным режимных наблюдений составляет около 3,8 *м*^{3}*/сек*.

Расход подземного потока, уходящего из бассейна в западном и северо-западном направлениях, составляет 2,5 *м*^{3}*/сек* при средних значениях коэффициента фильтрации 16 *м/сутки*, уклоне зеркала потока 0,003 и площади поперечного сечения водовмещающих отложений около 4,3 млн. *м*^{2}. Таким образом, в пределах бассейна ежегодно фор-

мируется около 6,3 $м^3/сек$ воды за счет атмосферных осадков, выпадающих на площади 2400 $км^2$.

Величины возобновляемых запасов вполне согласуются с данными режимных наблюдений, выполненных в районе бассейна.

О том, что площади распространения «боровых» песков являются областью питания подземных вод Глуховского артезианского бассейна, говорит и постоянное, хотя и незначительное увеличение минерализации воды в северном и южном направлениях. Химический состав подземных вод формируется преимущественно под влиянием процессов выщелачивания. Континентальное засолонение в песках не происходит, так как даже на участках высокого стояния уровня грунтовых вод капиллярные восходящие токи не достигают дневной поверхности и воды остаются почти неизменно пресными с минерализацией до 0,5 *г/л*

Ультрапресные воды (сухой остаток до 0,2 *г/л*) формируются в восточной части бассейна на площади развития отложений касмалинской свиты, на наиболее приподнятом участке с изрезанным дюнно-грядовым рельефом. Здесь водовмещающими породами являются кварцево-полевошпатовые пески, развитый на них сосновый бор дает значительное количество растительных остатков и органических кислот. В результате обменных реакций образуются гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды с минерализацией 0,15—0,2 *г/л*. Анализ результатов химического состава подземных вод бассейна показывает, что в сторону северного борта погребенной долины наблюдается равномерный переход гидрокарбонатных кальциевых вод в гидрокарбонатно-сульфатные натриевые, общая минерализация вод увеличивается до 0,5 *г/л*. Такая смена минерализации и химического состава вод позволяет утверждать, что источником пресных гидрокарбонатных вод является центральная осевая часть долины, где у поверхности широко развиты хорошо водопроницаемые песчаные образования касмалинской свиты.

Глава VIII

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

На протяжении длительного геологического времени территория Восточного Казахстана пережила два основных периода формирования подземных вод: геосинклинальный и постгеосинклинальный.

Геосинклинальный период, домезозойский, практически не изучен. Исходя из общих геологических условий развития страны, он может быть охарактеризован накоплением морских седиментационных вод в геосинклиналях, площади которых постепенно сокращались за счет разрастания геоантиклиналей. Седиментационные воды, сингенетичные осадкам и образовавшиеся на различных стадиях диагенеза, участвовали вместе с захоронякщими их толщами пород в складкообразовании и претерпели значительные изменения при отжимании из уплотнявшихся, дислоцировавшихся и метаморфизовавшихся горных пород, а также под воздействием ювенильных компонентов и смешения с инфильтрационными водами, поступавшими из областей питания.

В результате всех этих процессов, по-видимому, сформировались подземные воды, в составе которых отражаются различные степени смешения седиментационных, магматических и инфильтрационных вод. Эти воды захоронены в породах палеозойского и допалеозойского возраста в виде поровых и пленочных растворов и т. п., изучение которых на описываемой территории, к сожалению, не проводилось.

Постгеосинклинальный период для разных частей территории проходил по-разному. По завершении геосинклинального этапа развития — каледонского для Чингиза, Тарбагатая и частично Алтая и герцинского для Алтая, Калбы и Саур-Манрака — в пределах горноскладчатых областей начался процесс интенсивного формирования трещинных и трещинно-жильных гравитационных вод инфильтрационного происхождения, приуроченных к зонам экзогенной и эндогенной трещиноватости. Одновременно с этим, по-видимому, продолжались процессы дальнейшей метаморфизации захороненных седиментационных вод.

В это же время в неотектонических впадинах вместе с накоплением осадочного чехла формировались порово-пластовые и поровые воды в основном инфильтрационного происхождения.

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

ГОРНОСКЛАДЧАТЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Основной современный источник формирования подземных вод в пределах горноскладчатых областей Восточного Казахстана — инфильтрация атмосферных осадков, причем, если для трещинных и трещинно-карстовых вод атмосферные осадки являются главными и единственными источниками питания, то поровые и порово-пластовые подземные воды осадочного чехла (аллювиальных, аллювиально-пролю-

виальных и делювиально-пролювиальных отложений) наиболее значительную долю питания получают за счет инфильтрации поверхностного стока. В питании же трещинно-жильных вод, помимо двух названных источников, принимает участие и перелив подземных вод из различных контактирующих с ними водоносных горизонтов и комплексов.

Питание грунтовых трещинных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков доказывается тесной взаимосвязью их режимов, что устанавливается в результате многолетних наблюдений. Основная масса вод этого типа образуется за счет просачивания в недра земли дождевых и талых вод, о чем говорит совпадение общего направления изменений количества выпадающих осадков, уровня подземных вод, их температуры и расходов (рис. 33, 34). Наиболее интенсивное питание

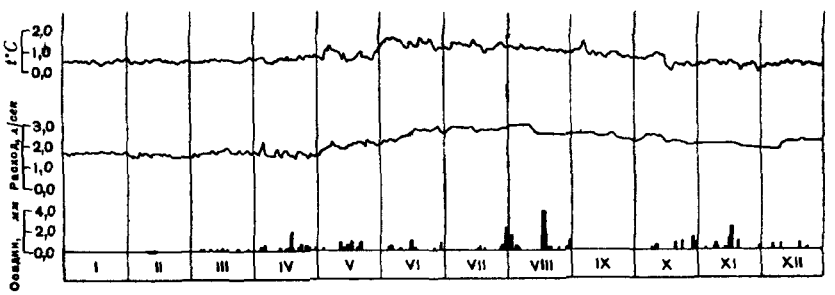


Рис 33 Совмещенные графики колебаний количества осадков, расходов и температуры грунтовых трещинных вод из палеозойских гранитов в центральной части Калбинского хребта (составила Г Х Казовская)

трещинных вод, отраженное в повышении их уровня (имеются в виду наблюдения естественного, ненарушенного типа режима), начинается в большинстве случаев с конца марта — середины апреля, т. е. с начала снеготаяния; максимума оно достигает в середине апреля — мае, смещаясь в высокогорных районах к середине июня, что связано с поздним таянием снега в горах, затем начинается постепенный спад уровня. Амплитуда колебаний уровня максимальных величин достигает в районах высокогорья и среднегорья и минимальных — в пределах мелкосопочника, что находится в соответствии с комплексом природных условий: характером рельефа, величиной испарения, наличием и мощностью глинистого чехла и т. п. У подножия Ивановского белка (Лениногорская впадина) и в районе центральной части Калбинского хребта амплитуда колебания уровня достигает 4—5 *м*, на Рудном Алтае она изменяется от 1 до 7 *м*, а в Центрально-Казахстанском мелкосопочнике не превышает 0,5 *м*.

На характер колебания уровней влияет также интенсивность снеготаяния: резко выраженные пики характеризуют годы медленного снеготаяния, когда значительная часть талых вод расходуется на инфильтрацию в грунт и пополнение подземных вод, а не на поверхностный сток.

Характер колебаний расходов родников аналогичен характеру колебаний уровня грунтовых вод. Увеличение расходов наблюдается с апреля по июнь. С наступлением летних месяцев, особенно в засушливые годы, дебиты родников значительно сокращаются, а некоторые из них пересыхают. Осенью в результате дождей, резкого уменьшения испарения и транспирации растений происходит новый подъем уровней и увеличение расходов родников. Самые низкие дебиты отмечаются перед началом таяния снега и вызваны длительным расходованием запасов

подземных вод (в этот период приходная часть баланса грунтовых вод равна нулю).

В горноскладчатых областях намечается определенная закономерность: абсолютные величины расходов родников уменьшаются с переходом от высокогорных и среднегорных частей рельефа к низкогорным и мелкосопочным, а относительные величины амплитуды сезонных колебаний расходов родников увеличиваются в этом же направлении. Так, в районе центральной части Калбинского хребта коэффициент изменчивости расхода родников 2—2,5 при расходах от 1,5—2 до 5—5,5 *л/сек* (см. рис. 33), в то же время в пределах мелкосопочника, где дебиты родников измеряются сотыми и десятыми долями литра в секунду, этот коэффициент достигает 5—7.

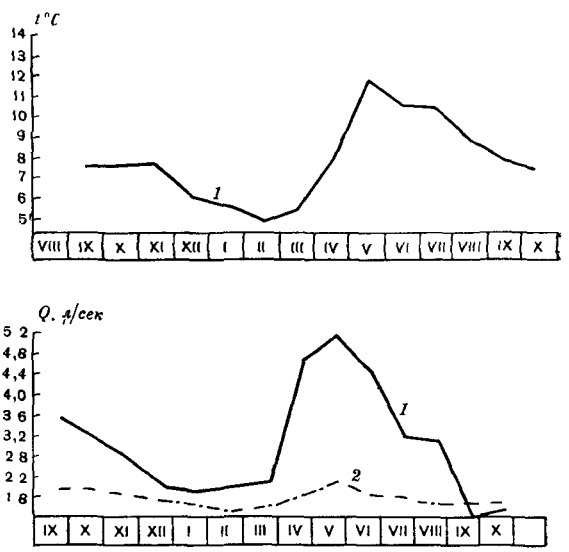


Рис 34 График колебаний температуры и расходов грунтовых трещинных вод по родникам из осадочных пород палеозоя в центральной части Калбинского хребта (составила Г Х Казовская)
1 — родник № 5, *2* — родник № 15

Питание грунтовых поровых и порово-пластовых вод рыхлого осадочного чехла в пределах горноскладчатых областей в значительной мере связано с водами поверхностных водотоков Наиболее тесно эта связь проявляется в долинах рек. Здесь режим уровней и расходов подземных вод зависит от режима уровней воды в реках, полностью повторяя ход их колебаний с небольшим запаздыванием в подъеме и спаде на 3—5 суток (рис. 35, 36). Наиболее интенсивное питание грунтовых вод за счет инфильтрации снеготалых вод, дождевых весенних осадков и фильтрации поверхностного стока происходит с середины марта по начало июня в связи с наступлением положительных температур воздуха, оттаиванием почвы и снеготаянием. В это время года в балансе преобладает питание грунтовых вод; подземный же сток и испарение имеют подчиненное значение. Уровни воды испытывают резкий скачкообразный подъем.

В период с мая — июня и до конца сентября — начала октября, характеризующийся положительными температурами воздуха и периодом вегетации растений, преобладают испарение грунтовых вод через почву, транспирация растениями и подземный сток Грунтовые воды в это время испытывают сравнительно плавное снижение уровней. По конусу выноса р. Калгуты в предгорье Южного Алтая, на границе с Зайсанским артезианским бассейном, уровни грунтовых вод от июня до сентября снижаются в верхней части конуса на 0,65 *м*, а на периферии — на 0,4 *м*. Грунтовые воды субмеридиональных долин северо-восточной части Зайсанской впадины снижают уровни от июня до сентября на 1,05 *м* Дебиты родников резко снижаются от мая — июня до июля, вплоть до прекращения функционирования некоторых из них, а затем медленно уменьшаются до сентября. Так, один из родников, расположенный на Южном Алтае у истоков р. Терсайрык, притока

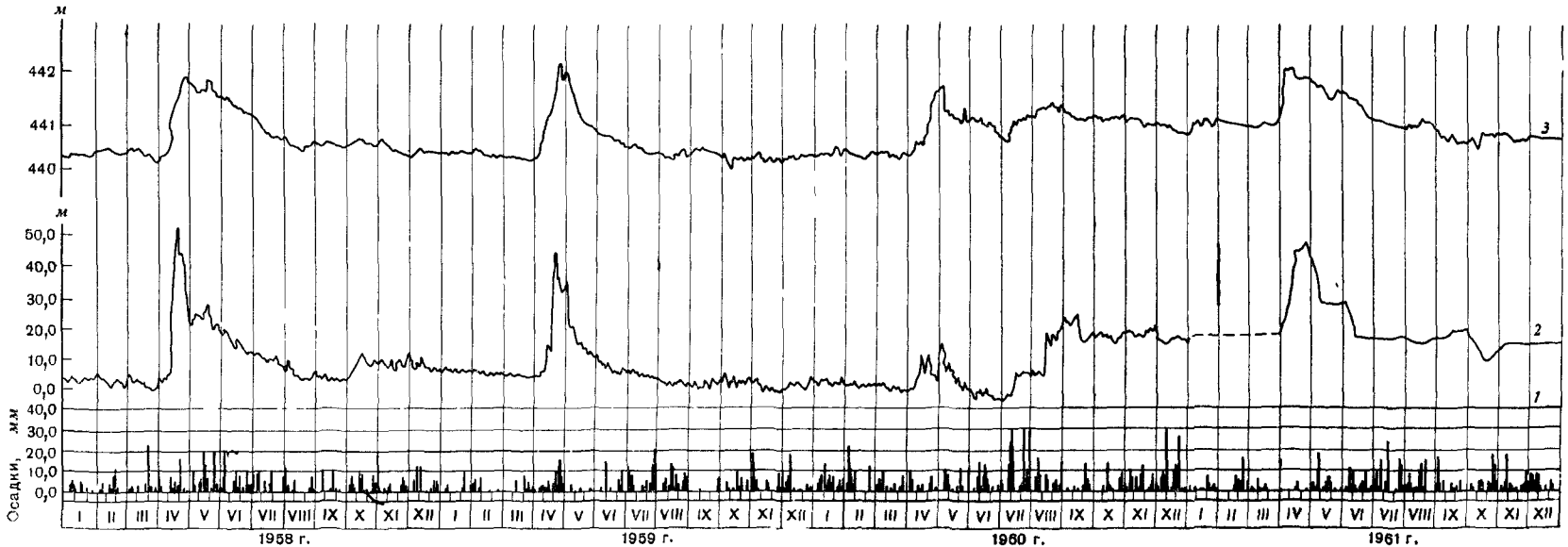


Рис 35. Совмещенные графики колебаний количества атмосферных осадков, уровней грунтовых вод и поверхностного водотока р Березовки (составила Г. Х. Казовская)

1 — среднемесячное количество осадков в *мм*; *2* — уровень воды в реке, *3* — уровень грунтовых вод по скважине в долине реки

р. Калгуты, в июне 1966 г имел расход 0,7 *л/сек*, в июле — 0,4 *л/сек*, в августе и сентябре — 0,3 *л/сек*. На фоне общего спада уровня грунтовых вод часто наблюдаются отдельные подъемы, вызванные инфильтрацией летних и осенних преимущественно ливневых дождей. С конца сентября — начала октября до середины ноября или начала декабря при положительных и отрицательных температурах воздуха наблюдается равновесие между питанием и расходованием грунтовых вод или некоторое преобладание инфильтрации осенних затяжных дождей и талых вод первых снеговых осадков над подземным стоком. Уровни грунтовых вод в этот период имеют временную относительную стабилизацию или небольшие плавные пики. Расходы родников также увеличиваются, но обычно незначительно, до 0,2—0,5 *л/сек*, редко больше.

При наступающих с ноября — декабря по март — начало апреля преимущественно отрицательных температурах воздуха, когда промерзает верхний слой почвы и атмосферные осадки выпадают только в виде снега, практически прекращаются инфильтрация атмосферных осадков, испарение грунтовых вод и транспирация растениями. В этот период преобладает подземный сток, расходующий накопленные запасы подземных вод; уровни подземных вод снижаются и дебиты родников уменьшаются, достигая минимума в марте.

Температурный режим грунтовых вод определяется температурой воздуха на поверхности земли. На большей части территории повышение температуры грунтовых вод наблюдается с апреля — мая, максимума она достигает в июне-июле, а затем идет спад, минимум температуры приходится на январь — февраль и март.

Естественный режим подземных грунтовых вод нарушается в рай-

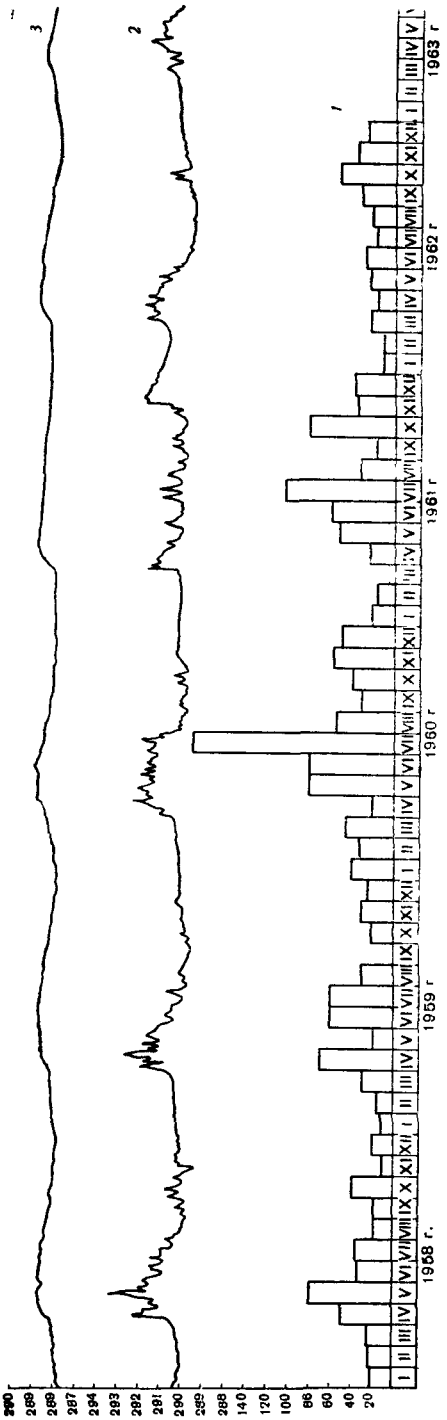


Рис. 36 Совмещенные графики колебаний количества атмосферных осадков, уровней грунтовых вод и поверхностного водотока р Убы (составила Г. Х. Казовская)

1 — среднемесячное количество атмосферных осадков в *мм*, *2* — уровень воды в р Убе, *3* — уровень грунтовых вод по скважине в долине реки

онах разрабатывающихся месторождений полезных ископаемых, которых особенно много в Алтайском районе. Отражением этого являются общее снижение уровня подземных вод в районе месторождений, сглаживание пиков сезонных колебаний.

Условия питания подземных вод в пределах Восточного Казахстана весьма разнообразны, что связано главным образом с различиями в гипсометрии поверхности, формах рельефа, количестве осадков, температуре воздуха, испаряемости и т. п.

Изменение всех этих факторов в пределах горноскладчатых сооружений увязывается довольно четко проявляющейся ландшафтно-климатической поясностью, или зональностью (табл. 7).

Ландшафтно-климатическая зональность является основой, с которой тесно связаны процессы формирования подземных вод, их динамика и химический состав. Основными источниками поступления солей в трещинные воды являются привнос их атмосферными осадками и выщелачивание из водосодержащих пород и покровных отложений.

Химический состав атмосферных осадков в различных частях Восточного Казахстана отличается некоторыми особенностями; в общих чертах количество растворенных в них солей увеличивается с переходом от высокогорных частей территории, расположенных на востоке территории, к мелкосопочным равнинным частям на западе. В составе солей также имеются некоторые различия.

Атмосферные осадки в высокогорных районах Алтая отличаются чрезвычайно низкой минерализацией и практически приближаются к дистиллированной воде. По данным А. В. Солнцева, среднее содержание ионов в атмосферных осадках среднегорья (район Бухтарминского водохранилища) приведено в табл. 8.

Как видно из табл. 8, осадки имеют преимущественно гидрокарбонатный кальциевый состав.

В пределах равнинной мелкосопочной части Центрального Казахстана* в химическом составе снеговых вод преобладают из анионов сульфат, а из катионов — кальций; хлор-ион находится на последнем месте, причем повышенное содержание в снеговых водах сульфатов, вероятно, объясняется неустойчивостью снежного покрова и перевеванием его вместе с пылью, обогащенной измельченным гипсом. Минерализация снеговых вод варьирует от 0,016 до 0,08 *г/л*.

Химический состав дождевых вод северной части Балхаш-Иртышского водораздела отличается повышенной хлоридностью, малым содержанием сульфатов и магния, а также преобладанием в катионном составе натрия. Средняя минерализация вод около 0,05 *г/л*. Повышенное содержание хлора, столь необычное для атмосферных осадков, вероятно, связано с привносом хлористого натрия с многочисленных соленых озер Северного Казахстана (Посохов, 1947а, б; Островский, 1965б).

На южном склоне Балхаш-Иртышского водораздела, где подземные воды получают в основном снеговое питание, количество привносимого эоловым путем сульфата больше, чем хлора.

Состав атмосферных осадков сказывается в начальной стадии формирования подземных вод в областях питания среди горноскладчатых территорий. Инфильтрационные воды, пройдя через почву и попадая в зону трещиноватости различных горноскладчатых соору-

---

* По данным, приведеиным в XXXIV томе монографии «Гидрогеология СССР, Центральный Казахстан».

Таблица 7

Ландшафтно-климатическая, гидродинамическая и гидрохимическая зональность в пределах горноскладчатых областей Восточного Казахстана

Тип рельефа	Гидрогеологические районы и их части	Ландшафтно-климатическая						
		Горный пояс	Абсолютная отметка поверхности, *м*	Климат	Осадки, *мм/год*	Растительность	Испаряемость	Формы рельефа
Высокогорье	Горный Алтай, Саур-Манрак (хребет Саур)	Нивальный	Более 3000 (3200—4600)	Холодный, сухой	—	Нет	Нет	Гляциальные скульптурные. Реликты древних поверхностей выравнивания
	Горный и Южный Алтай, Саур-Манрак	Горно-тундровый Альпийский	2800—3200 2000—2800	Холодный Увлажненный	700—800	Редкая мохово-лишайниковая, кустарники, низкотравная луговая	Низкая	Крутые отвесные склоны, гребневидные вершины. Гляциальные формы
Среднегорье	Горный, Рудный и Южный Алтай, Калба, Саур-Манрак, Западный Тарбагатай	Лугово-лесной	До 2000 (1000—1600)	Прохладный, сильно влажный	В верхней части 1000—1800, в нижней — 600—700	Пышные лиственные и хвойные леса и большетравные луга	Умеренная	Крутые склоны, узкие V-образные долины, „белки“ со сглаженными вершинами, „каменные моря“, реликтовые плато выравнивания
Низкогорье	Южный (Юго-Западный Алтай) Саур-Манрак, Западный Тарбагатай	Горно-степной	500—1000	Резко континентальный, недостаточно увлажненный	400—700	Кустарниковая, разнотравиая, злаковая	—	Пологие склоны, уплощенные водоразделы, гривы, гряды, увалы, холмы
Мелкосопочник	Чингиз-Жарминско-Балхашский	Сухих степей	350—500	Сухой, полупустынный	170—400	Ковыльно-типчаковая, полынная	Высокая	Денудационные равнины с останцовыми низкими пологими возвышениостями, широкие плоские депрессии

Продолжение табл 7

Гип рельефа	Гидрогеологические районы и их части	Ландшафтно-климатическая			Гидродинамическая			
		Расчлененность рельефа	Характер осадочного чехла	Характер речных долин	Характер поверхностного стока	Характер подземного стока	Дренированность	Местные глубины, вреза, *м*
Высокогорье	Горный Алтай, Саур-Манрак (хребет Саур)	Густая	Нет	Верховья в ледниковых цирках и каррах	Зарождается	Практически отсутствует	—	—
	Горный и Южный Алтай, Саур-Манрак	Чрезвычайно густая	„	Глубокие узкие, аллювий отсутствует	Многочисленные многоводные реки и ручьи	Слабо развит	Очень сильная	600 -2000
Среднегорье	Горный, Рудный и Южный Алтай, Калба, Саур-Манрак, Западный Тарбагатай	Густая	У основания склонов маломощные (несколько метров) шлейфы обломочного, плохо отсортированного материала	Глубокие, узкие, с валунно-галечным руслом	То же	Активно формируется	Сильная	500—700
Низкогорье	Южный (Юго-Западный Алтай) Саур-Манрак, Западный Тарбагатаи	Сравнительно слабая	Мощные (десятки метров) щебенисто-глинистые шлейфы	Хорошо разработанные русла, комплекс аккумулятивных террас	Многоводные сравнительно крупные реки	Обильный	Сравнительно слабая	100—250
Мелкосопочник	Чингиз-Жарминско-Балхашский	Очень слабая	Повсеместно мощный (до 200 *м*) песчано-глинистый чехол, солончаки, такыры, соры	Мелкие без постоянного водотока	Нет	Слабый	Очень слабая	От 1,5—2 до 50—60, редко до 100

Продолжение табл 7

Тип рельефа	Гидрогеологические районы и их части	Гидродинамическая				Гидрохимическая		
		Базисы стока (средние абс отм)	Региональный базис стока	Характер циркуляции подземных вод	Активность водообмена	Минерализация подземных вод, *г/л*	Химический состав подземных вод	Основные процессы формирования химического состава подземных вод
Высокогорье	Горный Алтай, Саур-Манрак (хребет Саур) Горный и Южный Алтай, Саур Манрак	— 1700—1800	— р Иртыш (343 *м*), оз Зайсан (386 *м*)	— Короткие пути фильтрации Активная обильная разгрузка, возрастающая с понижением рельефа	— Максимальная	— 0,03—0,2	— HCO_3-Ca, HCO_3-Ca и Ca-Na	— Растворение карбонатов при низком содержании углекислоты, гидролиз алюмосиликатов
Среднегорье	Горный, Рудный и Южный Алтаи, Калба Саур-Манрак, Западный Тарбагатай	500—1300	р Иртыш, оз Зайсан, оз Алаколь (340 *м*)	То же	Интенсивная	В верхней части 0,2 в нижней — 0,3—0,5	HCO_3, HCO_3-SO_4, Ca, Ca Na	Растворение карбонатов при повышенном содержании углекислоты, гидролиз алюмосиликатов, окисление сульфидов
Низкогорье	*Южный* (*Юго-Западный* Алтаи) Саур-Манрак, Западный Тарбагатай	*500—800*	*То же*	*Сравнительно длинные* пути циркуляции, слабая разгрузка, уменьшающаяся с понижением рельефа	*Средняя*	*0,5 1*	*HCO_3*, HCO_3-SO_4, SO_4-Cl, Na, Ca, Mg	*Растворение карбонатов* и гипса, окисление сульфидов, испарительная концентрация
Мелкосопочник	Чингиз-Жарминско-Балхашский	200—400	оз Балхаш (340 *м*) Западно Сибирский артезианский бассейн (уровень подземных вод менее 100 *м*)	Весьма длинные пути фильтрации, затрудненный отток, очень слабая разгрузка	Слабая	От 3—5 до 25—30	SO_4, HCO_3, SO_4, Cl, Na, Ca, Mg	Выщелачивание плохо промытых пород, испарительная концентрация

Таблица 8

Среднее содержание ионов в атмосферных осадках среднегорья (лето — зима 1962 г.)

Осадки	Минерализация, *г/л*	Форма выражения анализа	Компоненты минерализации					
			HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$
Дождевые и снеговые	0,03 0,06	*мг/л* *мг·экв/л*	15—35 0,23—0,6	0,4—0,8 0,01—0,02	5,3—10,6 0,15—0,3	2—12 0,1—0,6	0,4—3,7 0,03—0,3	0,8—9 0,034—0,4

жений, подвергаются активному воздействию климата, вмещающих горных пород и растворенных в воде газов. Причем сложные системы равновесий компонентов порода — вода — газ имеют свои специфические особенности в каждом ландшафтно-климатическом поясе и являются основой поясной гидрохимической зональности подземных вод.

Развитие и интенсивность различных гидрохимических процессов регулируется главным образом динамикой подземных вод, отражающей степень активности водообмена. Гидродинамическая зональность в свою очередь основывается на различиях в гипсометрии и эрозионной расчлененности рельефа, степени дренированности горноскладчатых сооружений, относительных превышений над местными и региональными базисами стока, характере активности и взаимосвязи поверхностного и подземного стока, характере циркуляции подземных вод и др.

В условиях *высокогорного рельефа* развиты три ландшафтно-климатических пояса нивальный, горно-тундровый и альпийский. Причем последний имеет более широкое площадное распространение, чем два первых. Два верхних пояса характеризуются весьма слабой активностью водообмена На высоких вершинах Алтая и Саура (3000—1000 *м*) в холодном сухом арктическом и близком к нему климате с густой, но сравнительно неглубокой расчлененностью рельефа, где глубина эрозионных врезов не превышает 200—500 *м*, в условиях многолетней мерзлоты поверхностный сток лишь зарождается, а общий подземный сток отсутствует. Минерализация подземных вод в жидкой фазе очень низкая (от сотых долей до 0,1 *г/л*) состав вод гидрокарбонатный кальциевый. По минерализации и составу подземные воды близки к атмосферным осадкам, обогащения их легкорастворимыми солями за счет выщелачивания водовмещающих пород не происходит в связи с дефицитом углекислоты в холодном и почти стерильном почвенном воздухе

К альпийскому поясу приурочена вторая гидродинамическая и гидрохимическая зона. Для этого пояса характерна чрезвычайно густая и глубокая расчлененность рельефа с глубиной эрозионных врезов, являющихся местными базисами стока, до 1500—1700 *м* и превышениями над уровнями региональных базисов стока до 2000—2500 *м* (р. Иртыш и оз. Зайсан).

Эта сильно сдренированная зона, холодная, влажная, с низкой испаряемостью, отличается весьма обильным поверхностным стоком и сравнительно слабо развитым подземным стоком. Специфическими чертами последнего являются короткие пути фильтрации и обильная разгрузка в виде родников, расходы которых увеличиваются с понижением рельефа. Естественные ресурсы подземных вод здесь значительны, но рассредоточены в зоне трещиноватости. Активность водообмена максимальная, что находит отражение в гидрохимическом облике под-

земных вод. В трещиноватых породах самого различного возраста и генезиса, хорошо промытых от легкорастворимых солей, формируются ультрапресные подземные воды с минерализацией от 0,03 до 0,1, реже 0,2 *г/л* в основном гидрокарбонатного кальциевого, реже кальциево-натриевого состава. Это объясняется сравнительно низким содержанием углекислоты в воздухе и в растворенных в воде газах и соответственно слабой углекислотной агрессивностью последней. Низкая минерализация вод связана также и с тем, что значительная часть водовмещающих пород в высокогорных массивах Восточного Казахстана представлена кислыми интрузиями, отличающимися слабой химической активностью. Таким образом, процессы перевода в раствор минералов горных пород как карбонатных, так и полевошпатовых, обогащающих раствор гидрокарбонатами кальция и натрия, здесь происходят чрезвычайно медленно.

Среднегорный рельеф с его типичной ландшафтно-климатической обстановкой является основой третьей гидродинамической зоны. По сравнению с зоной, приуроченной к альпийскому высокогорью, она отличается несколько меньшей расчлененностью рельефа и дренированностью пород, хотя они остаются здесь еще весьма значительными. Глубина эрозионного вреза и превышение над местными базисами стока в среднем составляют 500—600 *м*, а превышение над региональными базисами стока (р. Иртыш, оз. Зайсан, оз. Алаколь) уменьшается до 1000—1500 *м*; высокие Алтайские «белки» со сглаженными вершинами, «каменные моря» и «каменные реки», реликтовые плато выравнивания, глубокие узкие долины рек с валунно-галечным, часто порожистым руслом, появление у основания склонов маломощного (несколько метров) осадочного шлейфа из плохо сортированного грубообломочного материала — все эти особенности в сочетании с пышной лесной и лугово-лесной растительностью, прохладным сильно влажным климатом (особенно в верхних частях зоны) при умеренной испаряемости создают специфику данной гидродинамической зоны.

Здесь наряду с обильным и многоводным поверхностным стоком активно формируется и подземный сток, который имеет в общих чертах те же особенности, что и в предыдущей зоне, для него также характерны короткие пути транзита и обильная разгрузка, увеличивающаяся с понижением рельефа. И хотя водообмен здесь протекает интенсивно, в целом он несколько менее активен, чем в высокогорной зоне. Ресурсы подземных вод значительные и в основном рассредоточенные в зоне трещиноватости. На отдельных участках в скоплениях обломочного материала впервые (по сравнению с вышележащими зонами) начинают формироваться сосредоточенные запасы грунтовых вод, тесно связанных с трещинными водами.

Одной из характерных особенностей среднегорной зоны, особенно ее нижней части, является появление межгорных впадин, выполненных осадочными отложениями кайнозойского возраста, часто представляющих собой мелкие артезианские бассейны, о которых подробнее будет сказано ниже.

Гидрохимическая характеристика описываемой зоны, широко распространенной в пределах Восточного Казахстана, на Горном, Рудном и Южном Алтае, Калбе, Саур-Манраке и Западном Тарбагатае, хотя и близка к характеристике высокогорной альпийской зоны, но имеет ряд отличительных черт, придающих ей специфический облик. Здесь тоже подземные воды формируются в трещиноватых хорошо промытых от водорастворимых солей горных породах различного состава и генезиса, и их химический состав отражает главным образом процессы растворения карбонатных и полевошпатовых минералов. Этому способст-

вует высокая углекислая выщелачивающая агрессивность подземных вод, которая является отличительной чертой данной гидрохимической зоны. Связано это с тем, что здесь, по-видимому, так же, как в субальпийской зоне Памира и Тянь-Шаня (С. С. Самарина, О. Н. Собакин), содержание углекислоты в почвенном воздухе и в подземных водах в результате интенсивной микробиологической деятельности самое высокое среди остальных горных поясов и достигает 10—15%.

Карбонатное равновесие в подземных водах описываемой гидрохимической зоны устанавливается при более высоких содержаниях гидрокарбоната кальция. Благодаря этому воды приобретают по сравнению с альпийским поясом более высокую минерализацию, достигающую 0,2—0,5 *г/л* в верхней части зоны и 0,5—1 *г/л* (в отдельных случаях) в нижней ее части.

В составе анионов по-прежнему преобладают гидрокарбонаты, хотя содержание сульфат-ионов начинает повышаться за счет выщелачивания сульфидных минералов, как рассеянных в осадочных и метаморфических породах, так и сконцентрированных вблизи месторождений полезных ископаемых. В составе катионов преобладает кальций, несколько меньше натрия.

К низкогорному рельефу приурочена четвертая гидродинамическая и гидрохимическая зона. В горно-степном поясе, распространенном на Юго-Западном Алтае, в пределах Калбы и Саур-Тарбагатая, в условиях слабо расчлененного пологоволнистого рельефа, где превышение над местными базисами стока редко более 100—200 *м*, а над региональными базисами стока (р. Иртыш, озера Зайсан, Алаколь) менее 300—500 *м*, дренированность территории сравнительно слабая, подземный сток обильный, но циркуляция трещинных подземных вод сравнительно замедленная, количество родников и их расходы уменьшаются с понижением рельефа.

Характерной чертой этой гидродинамической зоны является активное формирование подземного стока в осадочном чехле, который достигает широкого площадного развития, а мощность его у основания горных склонов измеряется десятками метров. Речные долины имеют зрелые формы, с комплексом аккумулятивных террас. Состав обломочных отложений по сравнению с описанными горными поясами более мелкий, лучше сортированный. Значительную роль в нем играют осадки глинистого состава, с которыми связана кольматация трещин на отдельных участках, отрицательно влияющая на процесс формирования подземных вод. К этой же зоне приурочено наибольшее число межгорных впадин, представляющих собой мелкие артезианские бассейны.

Естественные ресурсы подземных вод зоны весьма значительны и сосредоточены в рыхлых отложениях осадочного чехла.

Формирование химического состава подземных вод по-прежнему связано с выщелачиванием горных пород, причем не только содержащих трещинные воды, но и рыхлых пород осадочного чехла. В этой зоне впервые определенную, хотя и небольшую роль начинают играть процессы испарительной концентрации. Горные породы значительно хуже промыты. Из водорастворимых солей в осадочных породах довольно часто встречается гипс, который, переходя в раствор, способствует формированию подземных вод повышенной минерализации (до 1—3 *г/л*) сульфатного кальциево-натриевого состава. Причем натрий в данном случае переходит в раствор при десорбции его из поглощающего комплекса осадочных пород при воздействии кальция.

Формирование подземных вод сульфатного состава связано также с процессами окисления сульфидных минералов. Выделяющаяся при окислении кислота, как известно, активизирует реакции гидролиза

алюмосиликатов, в результате чего в раствор переходят сульфаты кальция и натрия.

Подземные воды, циркулирующие в метаморфических породах, хлорито-серицитовых сланцах и других, содержащих вторичные хлористые соединения, обогащаются хлор-ионом.

Таким образом, в пределах низкогорья формируются воды сложного состава: гидрокарбонатного, гидрокарбонатно-сульфатного, сульфатного и сульфатно-хлоридного кальциевого, кальциево-натриевого, натриево-кальциевого, реже натриевого кальциевого-магниевого (повышенное содержание магния часто связано с изверженными породами основного состава). Процессы испарительной концентрации приводят к увеличению минерализации подземных вод на отдельных участках до 3—5 *г/л* при сохранении основного химического состава вод.

К *мелкосопочному равнинному и пологохолмистому рельефу,* широко развитому в западной части Восточного Казахстана, в Чингиз-Жарминско-Прибалхашском районе, приурочена пятая гидродинамическая и гидрохимическая зона. Она отличается очень слабой расчлененностью рельефа и эрозионными врезами от 1,5—2 до 50—60 *м*, лишь в отдельных случаях до 100 *м*. Превышение над региональными базисами стока (Ишим-Иртышским артезианским бассейном, оз. Алаколь) тоже невелико (около 200—400 *м*).

Характерно наличие рыхлого песчано-глинистого чехла, почти повсеместно перекрывающего зону открытой трещиноватости и способствующего кольматации трещин на значительных площадях. Мощность чехла от нескольких до 100—200 *м* (в отдельных случаях). Все эти особенности строения в сочетании с резко континентальным сухим климатом и высокой испаряемостью, превышающей 1000 *мм* в год, приводят к отсутствию постоянного поверхностного стока и чрезвычайно замедленному подземному стоку с длительными путями фильтрации, затрудненным оттоком и очень слабой разгрузкой.

Ресурсы подземных вод незначительные, рассредоточенные как в зоне трещиноватости, так и в осадочном чехле, водовмещающие свойства которого малы и невыдержаны вследствие его глинистого состава.

В пределах обнаженных вершин сопок, являющихся участками очагового питания, формируются пресные гидрокарбонатные кальциевые воды. В межсопочных понижениях и на равнинах, перекрытых осадочным чехлом, химический состав подземных вод формируется главным образом под влиянием состава загипсованных и засоленных пород этого чехла, содержащих значительные количества водорастворимых хлористых и сульфатных солей. Большую роль играют процессы катионного обмена между профильтровавшимися атмосферными осадками и подземными водами на контакте с глинистыми породами, в результате чего в водах повышается содержание натрия.

Здесь, так же как и в пределах низкогорья, в составе водосодержащих пород зоны трещиноватости увеличивается количество сульфатных и хлоридных анионов, натриевых и магниевых катионов. В итоге всех процессов подземные воды приобретают смешанный состав: сульфатно-гидрокарбонатный и сульфатно-хлоридный по анионам и натриево-кальциевый, иногда натриево-кальциево-магниевый по катионам.

Минерализация подземных вод повышается до 3—5 *г/л*; на отдельных участках под влиянием процессов испарительной концентрации, которые в этой зоне весьма активны, в местах неглубокого залегания подземных вод она увеличивается до 10—30 *г/л*.

В пределах горноскладчатых областей наряду с процессами формирования подземных вод, подчиняющихся площадной зональности, широко распространены и процессы формирования подземных вод,

имеющие *азональный* характер. В первую очередь это касается трещинно-жильных вод.

Зоны тектонических нарушений в результате значительной раздробленности и трещиноватости пород являются хорошими коллекторами подземных вод и служат путями не только местного подземного стока, но и региональными средствами перераспределения запасов подземных вод и вод различного солевого и газового состава.

Режим подземных вод, связанных с зонами глубоких тектонических разломов, характеризуется относительной стабильностью в годовом разрезе. Амплитуды колебаний уровня не превышают 0,4—0,6 *м*. Дебиты родников в течение года также довольно стабильны. Небольшое увеличение расходов отмечается в весенний и летний периоды.

Вопросы формирования химического состава трещинно-жильных и жильных вод в пределах Восточного Казахстана не изучены. В большинстве случаев эти воды отличаются низкой минерализацией.

Азональными также могут быть сульфатные воды, происхождение которых связано с местными особенностями литологического состава водовмещающих пород: обогащением их сульфидными минералами, как рассеянными в породах, что особенно часто бывает в палеозойских породах осадочного генезиса, так и сконцентрированными на отдельных участках в виде рудопроявлений и месторождений полезных ископаемых.

Помимо макрокомпонентов, определяющих основной ионный состав подземных вод, в них содержится значительное количество микрокомпонентов, фоновое содержание которых, так же как и макрокомпонентов, зависит от сочетания ряда природных условий: ландшафтных, гидродинамических, геологических и др.

Результатами гидрохимических исследований, проведенных в различных районах Юго-Западного Алтая, установлены следующие фоновые содержания основных рудообразующих элементов в подземных водах: свинца 5—18 *мкг/л*, цинка 5—46 *мкг/л*, меди 8—15 *мкг/л*, фоновое содержание сульфат-иона 2—50 *мг/л* *.

Вблизи рудных тел содержание ряда микрокомпонентов в подземных водах резко возрастает по сравнению с фоновым и создаются гидрохимические аномалии. На этом основан гидрохимический метод поисков некоторых полезных ископаемых, в первую очередь полиметаллических и медноколчеданных. Так, прямыми гидрохимическими признаками, непосредственно указывающими на присутствие алтайских полиметаллических руд, служат основные рудообразующие элементы — свинец, медь и цинк; косвенные сопутствующие элементы — мышьяк, молибден, серебро, сурьма, кадмий, никель и повышенное содержание сульфат-иона.

В водных ореолах рассеивания вокруг рудных тел проявляется пространственная зональность в концентрации и взаиморасположении поисковых элементов в зависимости от их миграционной способности в данной гидродинамической и ландшафтно-климатической обстановке.

Наибольшие пути миграции элементов прослеживаются в зоне активного водообмена, где они выражаются сотнями метров. В условиях замедленного водообмена размеры водных ореолов свинца, меди и цинка сокращаются до десятков метров. Сопутствующие элементы — мышьяк и молибден — в связи с их более высокой миграционной способностью распространяются в водах на значительно большие расстояния.

---

* По данным Г. Б. Свешникова (1967).

АРТЕЗИАНСКИЕ БАССЕЙНЫ

В пределы Восточного Казахстана входят как межгорные, так и платформенные артезианские бассейны.

Межгорные артезианские бассейны располагаются на гипсометрических отметках от 300 до 2600 *м*. В площадном их распределении намечается определенная закономерность, по которой наибольшее количество бассейнов расположено у подножия низких гор и в пределах мелкосопочника. Бассейны различаются по размерам впадин, возрасту, составу и мощности выполняющего их осадочного чехла, гидродинамической и гидрохимической структуре и ряду других признаков. Группируя их по условиям формирования подземных вод, можно выделить три основных типа бассейнов: 1) бассейны мелкие кайнозойские; 2) бассейны мелкие мезозойские; 3) бассейны крупные мезозойско-кайнозойские.

Первая группа бассейнов наиболее многочисленная, в нее входит большинство мелких и средних артезианских бассейнов Восточного Казахстана: Лениногорский, Нарымо-Бухтарминский, Чиликтинский, Георгиевский, Зыряновский, Абаевский и др. Линейные размеры этих бассейнов составляют десятки километров, а мощность осадочного чехла — сотни метров.

Осадочный чехол имеет четкое двухъярусное строение: в основании его залегает сравнительно мощная (сотни метров) толща глин неогена, которая очень часто содержит прослои песчаного и щебенистого материала мощностью в несколько метров. Верхняя часть чехла сложена обломочными, часто плохо сортированными, изменчивыми по составу отложениями четвертичного возраста делювиально-пролювиального, аллювиально-пролювиального и флювиогляциального генезиса. Мощность их измеряется десятками, реже первыми сотнями метров. Все бассейны описываемой группы имеют однотипно построенную гидродинамическую структуру: к верхней части бассейнов приурочена зона активного водообмена, в питании ее основная роль принадлежит наряду с водами зоны открытой трещиноватости поверхностному стоку и атмосферным осадкам. Разгрузка осуществляется как поверхностным, так и подземным стоком. Формирующиеся здесь воды по составу и минерализации отражают гипсометрическое положение бассейна и его приуроченность к той или иной гидрохимической зоне горноскладчатых сооружений. Так, в пределах высокогорья и среднегорья в верхней зоне формируются пресные воды с минерализацией от 0,3—0,5 до 1 *г/л* в основном гидрокарбонатного кальциевого, реже магниевого и натриевого состава (Чиликтинский, Верхне-Каракабинский бассейны и др.).

Некоторое повышение минерализации вод по сравнению с трещинными и трещинно-жильными водами, по-видимому, связано с привносом солей из подстилающих глин и водосодержащих пород чехла.

В верхней зоне бассейнов, расположенных среди низких гор и мелкосопочника, формируются солоноватые воды с минерализацией 1—3 *г/л*, причем с понижением рельефа минерализация увеличивается, а в химическом составе вод происходит замена гидрокарбонатного иона на сульфатный и даже на хлоридный, а кальция и магния — на натрий.

Нижняя глинистая часть чехла содержит воды спорадического распространения, обладающие напором, иногда дающие самоизлив. Водообмен здесь, естественно, более затруднен, что находит отражение в составе формирующихся вод. Минерализация их, как правило, выше, чем у вод верхней зоны бассейна, причем намечается определенное ее увеличение с глубиной бассейна и удалением от бортовых частей. В бас-

сейнах высокогорья и среднегорья минерализация этих вод колеблется от 0,3—0,5 до 1,5—2 *г/л*, в бассейнах низкогорья и мелкосопочника встречаются соленые и рассольные воды (в Георгиевском бассейне минерализация вод в отдельных прослоях достигает 65 *г/л*). Химический состав вод, отражая процессы выщелачивания солей из неогеновых глин, представлен комбинацией гидрокарбонатных и сульфатных, хлоридных и сульфатных, реже хлоридных анионов, катионный состав кальциевый, магниевый и натриевый.

Второй тип артезианских бассейнов Восточного Казахстана немногочисленный, он объединяет несколько мелких бассейнов (Кендерлыкский, Джеменейский, Алгабасский, Бурлюгакский и др.), осадочный чехол которых сложен уплотненными породами мезозоя — триаса, юры и, возможно, мела. Расположены они в различных условиях рельефа от среднегорья до низкогорья и мелкосопочника Линейные размеры их исчисляются первыми десятками километров, мощность осадочного чехла от сотен до тысячи и более метров. Водосодержащие породы представляют собой толщу переслаивания трещиноватых и монолитных разностей известняков, сланцев, углей, песчаников и конгломератов В отдельных бассейнах эти отложения перекрываются рыхлыми осадками четвертичного возраста мощностью в несколько десятков метров. Гидрогеологическая изученность бассейнов, особенно глубоких их частей, слабая. Формирование подземных вод в верхней рыхлой части чехла, являющейся зоной активного водообмена, проходит, подчиняясь тем же закономерностям, что и в бассейнах первого типа. В нижней, мезозойской, части чехла формируются напорные трещинные и трещинно-пластовые воды, минерализация и состав которых отражают затрудненные условия водообмена и значительно меньшую степень промытости, чем в окружающих бассейн горноскладчатых сооружениях.

Так, в Кендерлыкском и Джеменейском бассейнах, расположенных в условиях среднегорья, минерализация подземных вод в обломочных разностях пород до 1 *г/л*, а в углистых пластах до 3—5 *г/л*. В Алгабасском бассейне среди мелкосопочника минерализация вод в песчаниково-сланцево-углистой толще 4—20 *г/л*, состав вод в первых двух бассейнах гидрокарбонатно-сульфатный кальциево натриевый, а в последнем — хлоридный натриевый.

Третий тип межгорных артезианских бассейнов Восточного Казахстана представлен крупными бессточными мезозойско-кайнозойскими бассейнами — Алакольским и Зайсанским, линейные размеры которых исчисляются сотнями километров. Рыхлый осадочный чехол этих бассейнов, мощность которого превышает 1000—2000 *м*, представляет собой толщу переслаивания песчано-алевритовых водосодержащих и глинистых водоупорных слоев мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Бассейны этого типа являются базисами стока для окружающих их горноскладчатых сооружений, с весьма значительными перепадами высот от вершин горных массивов до днищ впадин и уровней озер, занимающих их центральные части (от вершин Саур-Манрака до днища Зайсанской впадины около 5000 *м*, уровень оз. Зайсан 394,8 *м*; от вершин Западного Тарбагатая до днища Алакольской впадины 2500—3000 *м*, уровень оз. Алаколь 340 *м*). При удаленности горных массивов от бассейнов 75—100 *км* площади водосбора поверхностного стока в несколько раз превышают площади бассейнов, где происходит его трансформация в подземный сток.

В вертикальном разрезе бассейнов выделяются две гидродинамические зоны. Верхняя зона активного водообмена объединяет ряд гидравлически тесно связанных между собой водоносных горизонтов и комплексов плиоценового и четвертичного возраста, водосодержащие

породы которых фациально меняются по простиранию, грубообломочные плохо сортированные делювиально-пролювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения конусов выноса в предгорных частях бассейна постепенно переходят в озерные осадки в центральных их частях Мощность верхней зоны до 400—500 *м*. Подземный сток, зарождающийся в предгорьях, окружающих бассейн, попутно пополняясь атмосферными осадками, направляется к центрам бассейнов, где расположены озера — базисы регионального стока. Наиболее активное формирование подземного стока происходит в конусах выноса, где реки теряют до 30% всего поверхностного стока, а потери на испарение очень малы в связи с большой глубиной залегания подземных вод Устремляясь к центральным частям бассейна, он на равнинах подпруживается глинистыми осадками озерного и озерно-аллювиального генезиса и выклинивается на поверхность, образуя реки, болота и солончаки. С уменьшением глубины залегания подземных вод резко возрастает роль испарения

Зона замедленного водообмена объединяет водоносные горизонты мелового и палеогенового возраста с различной, часто слабой гидравлической связью между ними; мощность ее от 300—500 до 1000 *м* и более Питание она получает главным образом в виде подземного стока, поступающего с окружающих бассейны горных массивов и в меньшей мере за счет подземных вод, просачивающихся из верхней зоны, и атмосферных осадков, инфильтрующихся в водосодержащие породы нижней зоны, которые обнажаются на отдельных участках в бортовых частях бассейнов. Пластовый сток в описываемой зоне затруднен и замедлен, разгрузка очень слабая, в основном испарением при вертикальной фильтрации. Воды высоконапорные, часто самоизливающиеся.

Гидрохимическая характеристика бассейнов описываемого типа достаточно хорошо изучена лишь в верхней гидродинамической зоне, где отчетливо проявляется гидрохимическая зональность по площади с увеличением минерализации от бортовых частей бассейнов к их центрам (от 0,3—0,5 до 1 *г/л*) и переходом от гидрокарбонатных кальциевых вод к сульфатно-гидрокарбонатным и сульфатно-хлоридным натриевым. Общая закономерность нарушается локальными очагами повышения минерализации подземных вод до 2—5 *г/л* (редко более) за счет испарительной концентрации.

В зоне замедленного водообмена по Зайсанскому артезианскому бассейну также намечается проявление гидрохимической зональности по площади в периферийных частях бассейна, наиболее приближенных к областям питания, формируются слабо минерализованные подземные воды (до 1, реже 1,5—2 *г/л*) сульфатно-гидрокарбонатного щелочноземельного или натриево-щелочноземельного состава, по направлению к центральным частям бассейнов они сменяются хлоридно-сульфатными, сульфатно-хлоридными кальциево-натриевыми, а затем хлоридными, натриевыми и хлоридными кальциево-натриевыми водами характерными уже для зоны замедленного движения подземных вод.

Вертикальная зональность в бассейнах описываемого типа изучена слабо, однако в общих чертах намечается увеличение минерализации вод с глубиной до 3—8 *г/л* и увеличение, до преобладания, в составе сульфатных и хлоридных ионов. Поступление солей в воды связано главным образом с выщелачиванием их из водосодержащих пород в условиях затрудненного и замедленного водообмена.

По литологии и комплексу органических остатков отложения, выполняющие глубокие части артезианских бассейнов (мелового, палеогенового и неогенового возраста), относятся к типичным континенталь-

ным фациям озерного и озерно-аллювиального генезиса, сменяющим друг друга как по площади, так и в разрезе.

Солевой состав этих отложений, изученный в Зайсанском бассейне институтом Запсибнефтегеология, довольно однообразный в породах преобладают соединения кремния, алюминия и щелочноземельных металлов, почти везде в водорастворимом комплексе среди катионов наиболее распространен натрий, меньше кальция и совсем мало магния Из анионов преобладают гидрокарбонаты, в меньшем количестве содержатся сульфаты (соотношение между ними колеблется) и совсем мало (до 6%) хлора. Почти везде pH характеризует щелочную среду, а общая минерализация довольно низкая И лишь в краевых, наиболее тектонически активных частях бассейна, часто переживавших смену субаквальных и субаэральных условий осадконакопления, pH становится нейтральным, реже кислым, увеличивается общая минерализация, больше становится сульфатных и хлоридных солей

Химический состав вод артезианских бассейнов формировался под влиянием комплекса природных и физико химических факторов выщелачивания и растворения солей из пород, обменных реакции между поглощенными основаниями последних и подземными водами, явлении адсорбции и сульфатредукции. Самым важным фактором формирования минерализованных подземных вод как раньше, так и сейчас является аридный климат, существующий с середины олигоцена до настоящего времени. Под влиянием процессов испарения, протекавших с различной степенью интенсивности на протяжении длительного геологического времени, формировались различные по составу и минерализации подземные воды.

В настоящее время формирование солевого состава подземных вод в условиях затрудненного водообмена происходит следующим образом: напорные воды палеогеновых и неогеновых отложений в верхней части зоны на значительных участках Зайсанского бассейна формируются в условиях сравнительно раскрытых структур. Различная степень раскрытости водовмещающих толщ обусловливает различную интенсивность водообмена. Воды в условиях сравнительно интенсивного водообмена имеют минерализацию 0,3—0,5 *г/л* Из анионов преобладают гидрокарбонаты и сульфаты. Воды в условиях более замедленного водообмена (глубина циркуляции вод достигает 200 *м* в краевых частях и 900—1000 *м* в центре бассейна) обогащаются анионами сульфата и хлора. Для этой зоны характерно преобладание окислительных условий Обогащение сульфат-ионом происходит за счет окисления сульфидов железа и растворения гипса, обычных компонентов водовмещающих пород. В результате окисления сульфидов воды большей частью обладают сульфатной агрессивностью, иногда отличаются низким значением pH. Восстановительная обстановка сохраняется на участках, где песчаные пласты подстилают, перекрывают или вмещают углефицированные или обогащенные органикой горизонты. В более затрудненных условиях водообмена в палеогеновых отложениях формируются хлоридные и хлоридно-сульфатные воды с минерализацией 3—4 *г/л*.

Напорные воды палеозоя и низов мел-палеогеновой северо-зайсанской свиты формируются в условиях наиболее закрытых структур и обладают специфическим микрокомпонентным составом. Из анионов преобладают хлор и гидрокарбонат, из катионов — натрии. Формирование химического состава происходит под влиянием дифундирующих из палеозоя газов, в составе которых преобладает метан. Источником метана, видимо, являются обогащенные органикой мезозойские и верхнепалеозойские породы, что подтверждается газированием восьми

скважин, вскрывших эти отложения. При наличии в кровле экрана происходит концентрация метана в верхней части погребенных палеозойских отложений. При значительной концентрации метана и затрудненном доступе кислорода в подземных водах образуется резко восстановительная обстановка. Происходит десульфатация вод. Воды отличаются малым содержанием или полным отсутствием сульфат-иона и даже на значительном удалении от области питания сохраняют слабую минерализацию (до 0,9—1 *г/л*). В отдельных отрицательных структурах бассейна, для которых характерны еще более застойные условия, резко увеличивается содержание хлора и натрия, что ведет к увеличению минерализации до 4—7 *г/л* и более.

Для описываемой части зоны типичен хлоридный, хлоридно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-хлоридный состав вод. Железо мигрирует в закисной форме. Воды обогащены бромом, фтором, йодом, марганцем, никелем, кобальтом, молибденом, цирконом и цинком.

Режим межпластовых напорных вод отличается стабильностью. Скважина, вскрывшая напорные воды турангинской свиты палеогена, изливается много лет с постоянным дебитом; по скважине, вскрывшей воды ашутасской свиты неогена, амплитуда колебаний уровня за летне-осенний период 1966 г. составила 0,09 *м*. Родник, дренирующий трещинные воды палеозойского фундамента Зайсанской впадины, имеет постоянный расход со времени начала наблюдений (1960 г.).

Артезианские бассейны описываемого типа являются основными резервуарами Восточного Казахстана, аккумулирующими огромные запасы пресных и солоноватых вод.

Артезианским бассейном платформенного типа в пределах Восточного Казахстана является Ишим-Иртышский бассейн Западно-Сибирской артезианской области, вернее его юго-восточное окончание. Этот бассейн в свою очередь по геолого-структурным особенностям (глубине залегания складчатого фундамента, мощности и полноте разреза рыхлого осадочного чехла, литолого-фациальному составу и другим свойствам) делится на два гидравлически тесно связанных между собой бассейна: Глуховский и Иртышский.

В Глуховском артезианском бассейне, который в структурном отношении является верхней приподнятой ступенью Ишим-Иртышского бассейна, его межгорной горловиной, распространены маломощные (100—200 *м*) отложения неогенового и четвертичного возраста аллювиального и озерного генезиса.

Простирание древней неоген-четвертичной речной долины, не совпадающее с простиранием современной долины р. Иртыша, соответствует наибольшим уклонам дневной поверхности и кровли палеозойского ложа. Весь гидрогеологический разрез Глуховского бассейна относится к зоне активного водообмена. Водоносные горизонты и комплексы испытывают тесную гидравлическую связь. Основным питанием бассейна служат в этом районе атмосферные осадки, значительно меньшее значение имеет подземный сток с окружающих впадину горно-складчатых сооружений. В бассейне формируются пресные воды, основной поток которых направлен на юг и юго-запад по древней аллювиальной долине. В этом направлении намечается некоторое увеличение минерализации вод (от 0,2 до 0,5 *г/л*), изменение их химического состава от гидрокарбонатного кальциевого до гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриевого и натриевого.

Химический состав вод формируется в основном под влиянием процессов выщелачивания легкорастворимых солей из водовмещающих пород и обменных реакций. Разгрузка подземных вод осуществляется родниками в долину р. Иртыша и подземным стоком в гипсометриче-

ски ниже расположенный Иртышский артезианский бассейн. Глуховский бассейн является мощным резервуаром пресных подземных вод и перспективен для организации централизованного водоснабжения г. Семипалатинска.

Иртышский артезианский бассейн плохо изучен. Сложен он меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями, мощность которых, увеличиваясь с юго-востока на северо-запад, достигает 800—1000 *м*. Здесь намечается довольно четкая вертикальная гидрохимическая зональность, обусловленная наличием в разрезе бассейна региональных водоупоров. Зона активного водообмена объединяет водоносные горизонты и комплексы отложений неогенового и четвертичного возраста (над аральской свитой), отличающихся явным преобладанием в разрезе песчаных разностей. Питание происходит как за счет атмосферных осадков, так и за счет притока из Глуховского артезианского бассейна. Здесь формируются обильные слабо минерализованные (до 1 *г/л*) воды гидрокарбонатного кальциевого состава. Разгрузка осуществляется в р. Иртыш, являющуюся для этой зоны региональным базисом стока; меньшая доля расходуется на транспирацию растениями, испарение и переток в нижележащие слои.

Вторая зона, объединяющая комплекс среднего и верхнего олигоцена, отличается несколько более затрудненными условиями водообмена, что связано с ее положением между двумя региональными водоупорами (аральской и чеганской свит) и в значительной мере изменчивым литологическим составом водосодержащих пород, где значительная роль принадлежит глинам. Здесь формируются слабо солоноватые воды (1—3 *г/л*) гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого и кальциево-натриевого состава.

Третья, нижняя зона, объединяющая водоносные горизонты меловых отложений, в основном песчаного состава, отличается от второй значительно более активным водообменом. Питание этой зоны осуществляется подземным стоком трещинных и трещинно-жильных вод складчатого фундамента, переливом из вышележащих зон как в краевых частях бассейна, где отсутствуют перекрывающие водоупоры, так и через песчаные «окна» в толще водоупоров, а также переливом вод из Глуховского бассейна. Здесь формируются пресные гидрокарбонатные кальциевые воды, которые вблизи Центрально-Казахстанского мелкосопочника становятся солоноватыми и приобретают сульфатный состав, что связано с притоком сюда трещинных и трещинно-жильных вод со стороны этого горноскладчатого сооружения. Основной поток подземных вод направлен на северо-запад в сторону глубоких частей Западно-Сибирской артезианской области, являющейся для бассейна базисом стока.

Часть третья

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Глава IX

РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В соответствии с определением Б. И. Куделина, под естественными ресурсами подземных вод понимается обеспеченный питанием приток или отток подземных вод. Естественные ресурсы характеризуют природную производительность водоносных горизонтов или величину питания подземных вод и непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды на Земле. Под региональной оценкой естественных ресурсов подземных вод понимается определение естественных ресурсов для значительных территорий, например в пределах целого бассейна грунтовых или артезианских вод или достаточно крупных их частей. Естественные ресурсы выражаются модулем подземного стока (расход подземного потока в литрах в секунду с одного квадратного километра) или слоем подземного стока в миллиметрах (расход подземного потока за год, распределенный в виде непрерывного слоя по всей площади).

Под естественными запасами подземных вод (по Б. И. Куделину) понимается общее в водоносном пласте количество воды, свободно стекающей под силой тяжести, равное произведению коэффициента водоотдачи на объем породы.

Под региональными эксплуатационными запасами понимается расход подземных вод, который можно получить из данного водоносного горизонта или из систем водоносных горизонтов в пределах той или иной обширной территории рациональными водозаборами при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем соответствующим требованиям.

Региональная оценка естественных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод может быть сделана различными методами в зависимости от природных условий территории, определяющих процессы формирования, движения и разгрузки подземных вод, а также от ее изученности и наличия фактического материала. Территория Восточного Казахстана по климатическим условиям, по характеру рельефа и особенностям поверхностного стока, по геологическому строению и гидрогеологическим условиям весьма разнообразна. Это в свою очередь определяет различие условий формирования ресурсов подземных вод и возможность применения того или иного метода их оценки.

В горных районах (Алтайском, Саур-Тарбагатайском и частично Чингиз-Жарминско-Балхашском) наличие хорошо развитой речной сети и многолетних наблюдений за поверхностным стоком позволяет провести в той или иной форме анализ режима последнего и выделить в нем долю подземного стока. На большей части Чингиз-Жарминско-Балхашского района, в районах мелкосопочника и межсопочных равнин, речная сеть развита очень плохо и нередко имеет сезонный характер. К тому же на реках с постоянным стоком многолетних круглогодичных гидрометрических работ не проводилось. Поэтому естествен-

ные ресурсы подземных вод для этой территории определялись по родниковому стоку, по величине инфильтрации и по разгрузке путем испарения. Естественные ресурсы подземных вод артезианских бассейнов (Зайсанского, Алакольского и Ишим-Иртышского районов) определялись для грунтовых вод по величине инфильтрации, иногда по разгрузке путем испарения, а для напорных вод там, где имелись необходимые исходные данные, методом водного баланса. Естественные ресурсы аллювиальных отложений долин рек определены по расходу потока грунтовых вод.

Следует отметить, что недостаточный объем фактического материала, приближенное определение расчетных параметров и в ряде случаев плохая гидрогеологическая изученность территории, особенно Чингиз-Жарминско-Балхашского района, обусловливают и некоторую неточность и приближенный характер результатов вычислений. Поэтому полученные данные о естественных ресурсах и региональных эксплуатационных запасах могут быть использованы только для общей предварительной оценки перспектив использования подземных вод больших территорий и не могут применяться для решения вопросов водообеспечения конкретных объектов.

1. АЛТАЙСКИЙ РАЙОН (СЛОЖНЫЙ БАССЕЙН ТРЕЩИННЫХ ВОД)

Оценка ресурсов подземных вод Алтайского района, как и в целом всего Восточного Казахстана, проводилась различными организациями. В связи с составлением карты подземного стока СССР, выполненной под общим руководством Б. И. Куделина, коллективом сотрудников Академии наук Казахской ССР оценен подземный сток на территории Казахстана (1964 г.). На составленной ими карте естественные ресурсы подземных вод в рассматриваемой восточной части республики характеризуются значениями модуля подземного стока от 5 до 10 *л/сек* с 1 $км^2$ для высокогорной части и от 1 до 3 *л/сек* с 1 $км^2$ для средне- и низкогорных районов Горно-Рудного Алтая, Южного Алтая и Калбы. Общие ресурсы Алтая, Саур-Тарбагатая, Калбы и Чингиза на площади 60 тыс. $км^2$, определенные АН Казахской ССР, составляют 153 $м^3/сек$.

Институтом Ленгипроводхоз на основании результатов наблюдений на 57 гидрометрических постах, проведенных за последние 10—20 лет гидрометслужбой, Облводхозом, Гидропроектом и другими организациями, выполнен анализ режима речного стока с выделением подземного питания рек и составлена схематическая карта изолиний среднего годового подземного стока в миллиметрах слоя воды. При этом за подземный сток была принята величина осенне-зимнего стока, равная 10—25% среднего многолетнего речного стока. Для контроля было выполнено расчленение гидрографов по 16 постам, исходя из наличия гидравлической связи водоносных горизонтов с русловыми водами. В Куйбышевском филиале Гидропроекта была осуществлена дополнительная проработка материалов и составлена схематическая карта естественных ресурсов подземных (грунтовых) вод, выраженных в виде модулей подземного стока. Значение их несколько ниже модулей, полученных по методике Б. И. Куделина. Причиной этого является недоучет подземного питания рек летом.

С целью определения естественных ресурсов Алтая в пределах каждого выделенного района третьего порядка (Горно-Рудный Алтай, Южный Алтай, Калба) с учетом летнего подземного питания рек авторами данной главы применена упрощенная методика оценки подземного стока по результатам гидрометрических наблюдений на реках. За

среднегодовую величину расхода подземного потока принят средний многолетний расход рек с ноября по март, когда никаких поступлений воды в реку, кроме подземного стока, нет. Таким образом, принимается, что подземное питание рек осуществляется в течение всего года с расходом, равным среднему расходу в зимнее время. Учитывая то, что в горных условиях значительного и долговременного подпора трещинных вод во время паводка не происходит и подземный сток летом несколько больше, чем зимой, приведенные значения модулей подземного стока нужно считать также несколько заниженными. Однако уточнить их, например по методу Ф. А. Макаренко, нельзя из-за отсутствия достаточно длительных режимных наблюдений за расходом родников.

Ниже приводится оценка естественных ресурсов и региональных эксплуатационных запасов по районам третьего порядка.

ГОРНО-РУДНО-АЛТАЙСКИЙ РАЙОН

Данный район представляет собой сложный бассейн трещинных вод, восточная часть которого является продолжением высоких гор Алтая, а западная, занимающая почти всю правобережную часть Восточно-Казахстанского Прииртышья между долинами рек Нарыма и Шульбы, включает средне- и низкогорные хребты Рудного Алтая. В высокогорной части района располагаются восточная часть хребта Катунские белки и юго-западные склоны хребтов Листвяга, Холзун, Тигерецкого, а также наиболее высокие восточные части хребтов Ульбинского, Ивановского и Убинского. Здесь формируется сток правых притоков р. Бухтармы: Белой Берели, Черновой, Белой, Тургусуна, Ульбы, Убы и др. В табл. 9 приведены средние многолетние данные о величине стока в зимние месяцы, вычисленный по этим данным модуль подземного стока и общий модуль стока по средним многолетним годовым расходам рек. Наибольший модуль стока (5—7 *л/сек* с 1 *км*²) имеют реки, бе-

Таблица 9

Горно-Рудно-Алтайский район (высокогорная часть)

Бассейн реки	Площадь бассейна, *км*²	Средний расход в зимние месяцы, *м*³/*сек*					Модуль подземного стока, *л/сек* с 1 *км*²	Модуль общего стока *л сек* с 1 *км*²
		I	II	III	XI	XII		
Белая Берель	1 000	3,89	3,56	3,95	7,10	5,18	4,74	30,0
Белая	888	2,25	1,74	1,51	5,73	3,10	3,23	21,6
Черновая	481	1,21	1,06	1,20	2,08	1,67	3,00	14,0
Тургусун	1 190	4,6	3,99	4,38	13,6	8,88	6,00	36,2
Малая Ульба (выше Сержихи)	1 630	5,60	5,10	8,70	5,62	6,36	4,09	27,3
Громатуха (с. Нечуятово)	373	2,02	1,76	1,78	3,84	2,61	6,44	44,2
Ульба (Белый Луг)	1 120	4,23	3,86	6,32	11,2	5,79	5,61	28,6
Черная Уба	350	1,46	1,41	1,89	5,02	2,60	7,07	25,8
Белопорожняя Уба	500	2,22	2,22	2,36	5,52	3,19	6,28	32,2
Уба (Большой Порог)	3 620	12,5	11,9	17,9	24,4	15,4	4,55	26,3
	11 152						Средневзвешенное значение 4,67 16,7%	Средневзвешенное значение 27,89

рущие начало в наиболее высоких горах (Белая Берель, Тургусун, Громатуха, Черная Уба и Белопорожняя Уба). Средневзвешенный модуль подземного стока равен 4,67 *л/сек* с 1 *км*^{2} при модуле общего стока 27,89 *л/сек* с 1 *км*^{2}. Таким образом, подземный сток в высокогорной части района составляет 16,7% от общего речного стока. Естественные ресурсы подземных вод высокогорной части Горно-Рудного Алтая равны: 4,67×11 152=52 080 *л/сек*, или 52,08 *м*^{3}*/сек*.

В средне- и низкогорной частях района располагаются расчлененные на отдельные массивы отроги хребтов Листвяга и Нарымского и западные части хребтов Ульбинского, Ивановского и Убинского. Крайняя северо-западная часть Горно-Рудного Алтая характеризуется мелкосопочным рельефом. В пределах средне- и низкогорной частей района формируется сток в средних и нижних частях бассейнов правых притоков р. Иртыша — рек Нарыма, Бухтармы, с левым притоком р. Березовкой, Ульбы и Убы, а также сток в бассейнах менее значительных притоков Иртыша — рек Козловки, Серебрянки, Пихтовки и др. В табл. 10 приве-

Таблица 10

Горно-Рудно-Алтайский район (средне- и низкогорная часть)

Бассейн реки	Площадь бассейна, *км*^{2}	Средний расход в зимние месяцы, *м*^{3}*/сек*					Модуль подземного стока, *л/сек* с 1 *км*^{2}	Модуль общего стока, *л/сек* с 1 *км*^{2}
		I	II	III	XI	XII		
Нарым	2 330	3,79	4,46	5,12	4,88	3,29	1,84	3,36
Козловка	64,1	0,19	0,19	0,15	0,17	0,13	2,59	7,96
Серебрянка	31,4	0,08	0,08	0,06	0,08	0,07	2,36	5,74
Пихтовка	83,4	0,16	0,18	0,17	0,17	0,19	1,95	9,47
Березовка	232	0,62	0,61	0,60	0,67	0,55	2,63	4,3
Уба (в пределах данного района)	4 770	9,8	7,4	10,7	19,1	14,4	2,60	10,25
	7 507,9						Средневзвешенное значение 2,36 30%	Средневзвешенное значение 7,89

дены средние многолетние данные о величине стока в зимнее время, вычисленный по этим данным модуль подземного стока и общий модуль стока по средним многолетним годовым расходам рек. Модуль подземного стока для различных рек изменяется от 1,84 до 2,63 *л/сек* с 1 *км*^{2}. Средневзвешенная его величина равна 2,36 *л/сек* с 1 *км*^{2} при модуле общего стока 7,89 *л/сек* с 1 *км*^{2}. Таким образом, подземный сток составляет 30% от общего речного стока.

Распространяя средний модуль подземного стока на всю площадь, получаем естественные ресурсы подземных вод (без потока грунтовых вод в долинах крупных рек): 2,36×22 953=54 169 *л/сек*, или 54,17 *м*^{3}*/сек*.

Для Горно-Рудного Алтая характерно наличие древних эрозионных врезов рек и межгорных котловин, заполненных неогеновыми и четвертичными отложениями, среди которых большую роль играют водопроницаемые слои. В результате этого происходят накопление подземных вод и транзитный сток вдоль долин. Расход потока в аллювиальных четвертичных отложениях наиболее крупных рек (в *м*^{3}*/сек*): Нарыма 1,4, Бухтармы 2,2, Ульбы 1,57, Убы 2, Березовки 0,45, Хамира и Тургусуна

1,26, Иртыша 5,3. Таким образом, естественные ресурсы подземных вод Горно-Рудного Алтая в целом составляют: 52,08+54,17+1,4+2,2+ +1,57+2+0,45+1,26+5,3=120,43 *м*³/*сек*.

Эксплуатационные запасы подземных вод для горных условий могут быть оценены по суммарному родниковому стоку и суммарному расходу потоков грунтовых вод в речных долинах. Как показали соответствующие исследования в Казахстане и на Алтае (В. С. Кусковский), родниковый сток составляет от 10—15% от общего подземного стока. Принимая родниковый сток равный 10% от общего и прибавив суммарный расход потоков грунтовых вод в речных долинах, получим региональные эксплуатационные запасы подземных вод Горно-Рудного Алтая: 0,1·52,08+0,1·54,17+1,4+2,2+1,57+2,0+0,45+1,26+5,3=24,80 *м*³/*сек*.

ЮЖНО-АЛТАЙСКИЙ РАЙОН

Южно-Алтайский район включает хребты Южно-Алтайский, Курчумский и Нарымский, на склонах которых формируется сток в бассейнах рек Курчум, Шуршутсу, Каинды, Кабы, Верхней Теректы, Орта, Шет Теректы, Кальджир, Калгуты и других менее значительных рек. В табл. 11 приведены средние многолетние данные о величине стока в зимние ме-

Таблица 11

Южно-Алтайский район

Бассейн реки	Площадь бассейна, *км*²	Средний расход в зимние месяцы, *м*³/*сек*					Модуль подземного стока, *л/сек* с 1 *км*²	Модуль общего стока, *л/сек* с 1 *км*²
		I	II	III	XI	XII		
Шуршутсу	145	0,43	0,37	0,39	0,66	0,45	3,17	12,5
Каинды сухая	127	0,21	0,23	0,38	0,33	0,50	2,91	3,78
Женишке	320	0,43	0,54	0,73	0,81	0,66	1,98	4,28
Курчум	5230	12,1	11,6	18,6	22,1	13,7	2,95	11,6
Калгуты	422	0,64	0,61	0,69	0,67	0,57	1,51	3,27
Верхняя Теректы	179	0,25	0,21	0,27	0,49	0,19	1,58	7,5
Орта Теректы	108	—	2,0	1,43	0,97	1,86	1,45	8,33
Кальджир	3090	8,10	7,52	9,90	11,7	9,02	3,0	6,96
	9621						Средневзвешенное значение 2,81 30,2%	Средневзвешенное значение 9,30

сяцы, вычисленный по этим данным модуль подземного стока и общий модуль стока по средним многолетним годовым расходам рек.

Модуль подземного стока для разных участков Южного Алтая изменяется от 1,45 до 3,17 *л/сек* с 1 *км*². Средневзвешенный модуль стока равен 2,81 *л/сек* с 1 *км*² при модуле общего стока 9,3 *л/сек* с 1 *км*², что составляет 30% от последнего. Естественные ресурсы подземных вод для территории Южного Алтая равны 2,81×16 808=52,850 *л/сек*, или 52,85 *м*³/*сек*.

Эксплуатационные запасы оцениваются по суммарному родниковому стоку, который принимается равным 10% от общего подземного стока, т. е. для всей площади Южного Алтая они равны 52,850×0,1= =5285 *л/сек*, или 5,28 *м*³/*сек*.

КАЛБИНСКИЙ РАЙОН

Калбинский район представляет собой горный хребет, расположенный на левом берегу р. Иртыша и отделенный долиной этой реки от Рудного Алтая и Нарымского хребта. На северном склоне Калбинского хребта формируется сток малых левых притоков р. Иртыша. Из них круглогодичные гидрометрические наблюдения проводились на р. Войлочевке и на реках Песчанке и Дресвянке в крайних восточной и западной частях склона. На южном склоне Калбинского хребта берет начало р. Кызылсу, также впадающая в Иртыш слева, и речки Кулуджун, Каинды, Большая и Малая Буконь, стекающие в Зайсанскую впадину.

Условия формирования поверхностного и подземного стока в пределах Калбинского хребта, особенно в северо-западной его части, отличаются от условий Горно-Рудного и Южного Алтая. Рельеф приближается к мелкосопочнику. Долины рек имеют сравнительно малые уклоны. Характерно наличие почти плоских межсопочных понижений, заполненных неогеновыми глинистыми отложениями. Количество атмосферных осадков в Калбинском районе значительно меньше, а испарение больше, чем на остальной территории Алтайского района. В результате здесь наблюдается уменьшение объема поверхностного и подземного стока.

Таблица 12

Калбинский район

Бассейн реки	Площадь бассейна, $км^2$	Средний расход в зимние месяцы, $м^3/сек$					Модуль подземного стока, $л/сек$ с 1 $км^2$	Модуль общего стока, $л/сек$ с 1 $км^2$
		I	II	III	XI	XII		
Чегелек	250	0,29	0,32	0,55	0,48	0,50	1,71	6,25
Малая Буконь	190	0,10	0,14	1,13	0,17	0,14	1,77	6,97
Большая Буконь . . .	1000	1,75	2,44	2,54	1,47	1,17	1,87	6,38
Каинды	440	0,72	0,61	0,53	0,32	—	1,24	4,44
Войлочевка	495	1,22	—	—	0,86	0,96	2,22	3,88
Кызылсу	3030	0,27	0,26	0,41	0,23	0,19	0,09	0,42
	5405						Средневзвешенное значение 1,28 48%	Средневзвешенное значение 2,67

В табл. 12 приведены средние многолетние данные о величине стока рек в зимние месяцы и вычисленный по этим данным модуль стока по средним многолетним годовым расходам рек. Наибольшими поверхностными и подземными стоками характеризуется северный склон восточной части хребта, где модуль подземного стока колеблется от 1,7 до 2,2 $л/сек$ с 1 $км^2$ при модуле общего стока 4—7 $л/сек$ с 1 $км^2$. В западной части хребта формируется сток в бассейнах рек Дресвянки, Песчанки и Кызылсу. Характерен по условиям стока бассейн р. Кызылсу. В верхней части этого бассейна модуль общего речного стока равен 1,17 $л/сек$ с 1 $км^2$, в средней части 0,65 и в низовьях 0,2 $л/сек$ с 1 $км^2$. Средний модуль под-

земного стока в бассейне р. Кызылсу всего 0,09 *л/сек* с 1 *км*². Средневзвешенный модуль подземного стока для всего Калбинского хребта равен 1,22 *л/сек* с 1 *км*² при модуле общего речного стока 2,67 *л/сек* с 1 *км*². Таким образом, здесь подземный сток составляет 48% от общего речного стока. Естественные ресурсы для всего района 1,22×16 713= 20 390 *л/сек*, или 20,39 *м*³/*сек*.

Эксплуатационные запасы, так же как и для других горных районов, определяются прежде всего по родниковому стоку. Но здесь в связи с большим расчленением хребта эрозионными врезами, наличием многочисленных тектонических нарушений и заполнением межгорных понижений неогеновыми глинами усиливается местная разгрузка водоносных комплексов в виде родников, не дающих начала поверхностному стоку. Как показывает детальное изучение стока на отдельных участках в процессе гидрогеологических съемок, расход родников составляет до одной трети общего подземного стока, т. е. в среднем до 0,4 *л/сек* с 1 *км*². Таким образом, при максимальном использовании родников и бурении скважин в благоприятных для этого условиях на всей площади Калбинского хребта можно получить 0,4×16 713=6735 *л/сек* или 6,73 *м*³/*сек*.

Естественные ресурсы Алтайского района в целом составляют 179,49 *м*³/*сек*, а региональные эксплуатационные запасы равны 36,81 *м*³/*сек*.

2. САУР-ТАРБАГАТАЙСКИЙ РАЙОН (СЛОЖНЫЙ БАССЕЙН ТРЕЩИННЫХ ВОД)

Саур-Тарбагатайский район, объединяющий горные сооружения Саура и Тарбагатая, граница на севере с Зайсанской, а на юге с Алакульской впадинами, отличается широким развитием в предгорной зоне конусов выноса, являющихся мощными коллекторами подземных вод. В западной части Тарбагатая хорошо прослеживается влияние расчлененности рельефа и экспозиции склонов на условия формирования стока. Количество осадков на южных и северных склонах примерно одинаково, но южные склоны сильнее расчленены, и здесь поверхностный и подземный сток осуществляются свободнее и полнее, поэтому модули стока на южных склонах больше, чем на северных. Можно предположить, что на северных склонах значительная часть подземного стока расходуется на питание водоносных горизонтов Зайсанского артезианского бассейна и не может быть учтена по расходам рек.

Расходы рек в зимние месяцы отдельно для бассейнов северного и южного склонов Саура и Тарбагатая, вычисленные по ним модули подземного стока и модули общего стока приведены в табл. 13 и 14. Средневзвешенный модуль подземного стока для всего района составляет 2,28 *л/сек* с 1 *км*². Естественные ресурсы района, включая Чиликтинскую впадину, сток из которой оценен по р. Кандысу, равны 2,28×18 272= 41 660 *л/сек*, или 41,66 *м*³/*сек*.

Эксплуатационные запасы трещинных вод определены по родниковому стоку, величина которого условно принята равной 30% от общего подземного стока, и составляют 12,50 *м*³/*сек*. Эксплуатационные запасы подземных вод Чиликтинской впадины, определенные исходя из эксплуатации скважинами по сетке 2,5×2,5 *км*, равны 0,4 *м*³/*сек*. Таким образом региональные эксплуатационные запасы подземных вод в рассматриваемом районе составляют 12,9 *м*³/*сек*.

Таблица 13

Саур-Тарбагатайский район (северный склон Саура и Тарбагатая)

Бассейн реки	Площадь бассейна, км²	Средний расход в зимние месяцы, м³/сек					Модуль подземного стока, л/сек с 1 км²	Модуль общего стока, л/сек с 1 км²
		I	II	III	XI	XII		
Кендерлык	1 200	2,60	2,52	2,21	3,56	3,30	2,36	8,18
Теректы	122	0,22	0,22	0,24	0,75	—	2,93	6,66
Жеменей	224	1,02	1,06	1,04	1,37	0,88	4,79	8,66
Уйдене	705	1,07	0,93	1,32	1,77	2,09	2,04	5,40
Кандысу	3 570	3,48	3,83	2,50	3,74	2,70	0,91	1,26
Терсайрык	566	1,17	2,01	2,97	1,36	1,01	3,05	3,37
Шет Ласты	439	0,58	0,64	0,76	0,90	0,65	1,61	3,14
Орта Ласты	268	0,61	0,70	0,81	0,88	0,75	2,80	3,58
Тебезге	570	0,28	0,31	0,47	0,54	0,36	0,69	2,46
Карбога	1 790	1,98	1,70	1,51	2,78	1,89	1,10	2,07
Базарка	1 230	0,84	0,63	0,96	1,05	0,59	0,66	2,92
	10 684						Средневзвешенное значение 1,78 56,1%	Средневзвешенное значение 3,17

Таблица 14

Саур-Тарбагатайский район (южный склон Тарбагатая)

Бассейн реки	Площадь бассейна, км²	Средний расход в зимние месяцы, м³/сек					Модуль подземного стока, л/сек с 1 км²	Модуль общего стока, л/сек с 1 км²
		I	II	III	XI	XII		
Коктерек	202	1,13	1,52	2,00	1,38	1,59	7,54	12,3
Кандыбурат	223	1,55	1,66	2,02	1,99	1,67	8,00	18,1
Чуракгерек	50	0,21	0,18	0,28	—	0,37	5,20	18,2
Кусак	206	1,18	1,10	1,45	2,27	1,46	7,24	21,4
Шошкалы	420	2,14	2,02	2,52	2,84	2,54	5,76	6,80
Урджар	166	0,65	0,58	0,89	1,15	0,79	4,89	14,3
Егинсу	186	0,776	0,72	1,10	1,04	1,02	4,99	10,8
Каракол	1020	1,50	1,57	1,95	1,60	1,49	1,59	4,0
	2473						Средневзвешенное значение 4,38 48,9%	Средневзвешенное значение 8,96

3. ЧИНГИЗ-ЖАРМИНСКО-БАЛХАШСКИЙ РАЙОН (СЛОЖНЫЙ БАССЕЙН ТРЕЩИННЫХ ВОД)

В пределах Восточного Казахстана, как уже отмечалось, наименее изучены ресурсы подземных вод территории Чингиз-Жарминско-Балхашского района. Условия формирования подземных вод в отдельных частях этого района неодинаковы. Центральную часть его занимает низкогорный хребет Чингиз, сложенный породами кембрийского, ордовикского, силурийского и девонского возраста, прорванными многочислен-

ными интрузиями. Многолетние наблюдения за речным стоком здесь не проводились. Сотрудниками Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР для оценки подземного стока использованы наблюдения за речным стоком в меженное летнее время в процессе гидрогеологических съемок. Величина модуля подземного стока в пределах хребта Чингиз по этим наблюдениям (1964 г.) изменяется от 0,5 до 2 *л/сек* с 1 *км*². Естественные ресурсы подземных вод составляют 32 243 *л/сек*, или 32,24 *м*³/*сек*, при среднем модуле подземного стока 1,14 *л/сек* с 1 *км*².

Еще труднее оценить ресурсы подземных вод для территории мелкосопочника между хребтом Чингиз и Калбинским хребтом. Рельеф здесь слабо расчлененный, количество осадков незначительное — 200—350 *мм* в год. Возвышенные участки сложены трещиноватыми скальными породами девонского и каменноугольного возраста, а склоны сопок и межсопочные понижения — рыхлыми слабо водопроницаемыми и водоупорными кайнозойскими отложениями. Речная сеть слабо развита, врезы современных долин незначительные и редко прорезают водоупорное ложе. Дренаж реками водоносных отложений происходит на малую глубину. Подземное питание рек в летне-осенне-зимний период отсутствует или очень незначительно, в результате чего поверхностный сток наблюдается только два-три месяца в году в весенний период. Подавляющее большинство родников в середине лета пересыхает.

Формирование естественных ресурсов подземных вод в этой части района можно представить в виде следующей схемы. На возвышенных участках, лишенных покрова рыхлых отложений, происходит инфильтрация атмосферных осадков, за счет чего осуществляется питание трещинных вод. Последние движутся в сторону речных долин и межсопочных понижений, частично выклиниваясь у подножий склонов в виде родников и подпитывая рыхлые отложения, а далее расходуясь главным образом на испарение с поверхности грунтовых вод. Глубокий сток за пределы района большого значения не имеет.

Исходя из этой схемы, сотрудниками Казахского политехнического института определены естественные ресурсы подземных вод для двух участков общей площадью более 10 тыс. *км*². Один из них расположен в среднем течении р. Чар на границе с Калбинским хребтом, а второй на водоразделе рек Аягуз и Ащису примыкает к хребту Чингиз. По водно-балансовому расчету в долине р. Чар определена величина инфильтрации, которая составила 4,8% от среднего количества выпадающих здесь атмосферных осадков, и вычислен модуль подземного стока, оказавшийся равным 0,4 *л/сек* с 1 *км*². На той же территории выделены мелкосопочные участки с близким залеганием уровня грунтовых вод, где происходит разгрузка путем испарения с их поверхности. Величина последнего вычислена по формуле А. Н. Костякова

$$q = q_0\left(1 - \frac{\Delta}{\Delta_0}\right)^2,$$

где q — испарение с поверхности грунтовых вод;
q_0 — испарение с поверхности почвы;
Δ — средняя глубина до уровня грунтовых вод;
Δ_0 — критическая глубина до уровня грунтовых вод, начиная с которой происходит испарение.

Суммируя величину испарения с родниковым стоком, можно получить общий подземный сток, модуль которого оказывается примерно равным также 0,4 *л/сек* с 1 *км*². Эта цифра близка к величине модуля подземного стока, полученной сотрудниками Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР (1964 г.), поэтому ее можно считать близ-

кой к действительной. Модуль родникового стока, определенный по результатам гидрогеологических съемок, равен 0,1—0,12 *л/сек* с 1 *км*², что составляет 25—30% от общего подземного стока.

Особенно бедна подземными водами, за исключением долины р. Иртыша, крайняя северная часть территории между хребтами Чингиз и Калбинским. Средний расход рек Чар и Чаган в связи с усилением процессов испарения и снижением количества поступающих в реку подземных вод в нижней части бассейнов не увеличивается, а даже уменьшается вниз по течению и модуль речного стока не превышает 0,1 *л/сек* с 1 *км*². Поверхностные воды и почвы, как правило, засолены. Повышенную минерализацию имеют и грунтовые воды. Все это позволяет сделать вывод, что модуль подземного стока здесь значительно меньше 0,1 *л/сек* с 1 *км*².

Исходя из величин модулей подземного стока — 0,5 *л/сек* с 1 *км*² на границе с хребтами Чингиз и Калбинским, 0,4 *л/сек* с 1 *км*² в прилегающей к ним полосе и значительно менее 0,1 *л/сек* с 1 *км*² в крайней северной части, определены естественные ресурсы подземных вод территории между хребтами Чингиз и Калбинским. Они составляют 9720 *л/сек*, или 9,72 *м*³/*сек*, при средневзвешенном модуле подземного стока 0,3 *л/сек* с 1 *км*².

Естественные ресурсы территории района к юго-западу от хребта Чингиз оценены по значениям модуля подземного стока (0,1—1 *л/сек* с 1 *км*²), определенным сотрудниками Института гидрогеологии и гидрофизики АН Каз ССР, и равны 12 108 *л/сек*, или 12,11 *м*³/*сек*.

В целом по Чингиз-Жарминско-Балхашскому району естественные ресурсы подземных вод составляют 32,24+9,72+12,11=54,07 *м*³/*сек*.

Эксплуатационные запасы (30% от подземного стока) равны 54,07×0,3=16,22 *м*³/*сек*. Наряду с использованием родников, учитывая резкие колебания их расходов на ряде участков, для эксплуатации подземных вод необходимо бурение скважин.

4. ЗАЙСАНСКИЙ РАЙОН (МЕЖГОРНЫЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

Этот район, так же как и Алакольский, представляет собой межгорную впадину, являющуюся аккумулятором поверхностного и подземного стока. Естественные ресурсы подземных вод формируются здесь за счет различных источников, основными из которых являются: инфильтрация атмосферных осадков, поглощение речного стока в предгорной части и подток трещинных вод со стороны горного обрамления. Поглощение речного стока наиболее интенсивно происходит в пределах конусов выноса в южной части района. В северной его части ресурсы подземных вод формируются главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков. Подток трещинных вод, видимо, происходит как со стороны Южного Алтая, так и со стороны Саур-Тарбагатая.

Естественные ресурсы подземных вод, формирующиеся за счет инфильтрации атмосферных осадков, определены по известной формуле

$$Q_e = \frac{a \cdot x \cdot F}{31\,536},$$

где Q_e — величина питания грунтовых вод, *м*³/*сек*;
a — количество атмосферных осадков, *мм*/*год*;
x — коэффициент инфильтрации;
F — площадь области питания, *км*²

При количестве атмосферных осадков 200 *мм*/*год*, величина коэффициента инфильтрации 0,1 (литературные данные для районов с анало-

гичными условиями), площади области питания 27 464 *км*² в результате расчета получается величина питания подземных вод 17,4 *м*³/*сек*.

Естественные ресурсы, формирующиеся за счет пополнения речного стока в аллювиально-пролювиальных отложениях конусов выноса рек северного склона Саура и Тарбагатая, определены по величине общего поверхностного стока, не менее 30% которого, по данным Института гидрофизики АН Казахской ССР (1964 г), фильтруется в отложения конусов выноса. При площади конусов выноса 5600 *км*² они составляют 10,2 *м*³/*сек*.

Подток трещинных вод, поступающих со стороны горного обрамления как в четвертичные отложения, так и в неогеновые и палеогеновые водоносные горизонты, количественно определен Гидрогеологической экспедицией Восточно-Казахстанского геологического управления ориентировочным балансовым расчетом. Величина его оказалась равной 8,23 *м*³/*сек*.

Таким образом, естественные ресурсы подземных вод Зайсанского района составляют 17,40+10,20+8,23=35,83 *м*³/*сек*. Сотрудники Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР, определяя естественные ресурсы подземных вод Зайсанской впадины (1964 г.), получили величину 40 *м*³/*сек*. Наиболее обеспечена естественными ресурсами подземных вод южная часть района, где модуль подземного стока равен 2 *л*/*сек* с 1 *км*² (без учета подтока трещинных вод), беднее северная часть, где модуль подземного стока равен 0,6 *л*/*сек* с 1 *км*². Средневзвешенный модуль подземного стока в Зайсанском районе (с учетом подтока трещинных вод) составляет 1,3 *л*/*сек* с 1 *км*².

Эксплуатационные запасы, определенные из расчета эксплуатации в течение 50 лет условных водозаборов, заложенных по сетке 2,5×2,5 *км* в основном водоносном горизонте четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, составляют 28,2 *м*³/*сек*.

5. АЛАКОЛЬСКИЙ РАЙОН (МЕЖГОРНЫЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

Естественные ресурсы и региональные эксплуатационные запасы подземных вод Алакольского района определялись теми же методами, что и для Зайсанского района. Естественные ресурсы равны 23,7 *м*³/*сек* и региональные эксплуатационные запасы — 18,5 *м*³/*сек*. Средневзвешенный модуль естественных ресурсов подземных вод равен 2 *л*/*сек* с 1 *км*².

6. ИШИМ-ИРТЫШСКИЙ РАЙОН (АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

В пределах Восточного Казахстана располагается крайняя юго-восточная часть Ишим-Иртышского артезианского бассейна сложного строения, которая в свою очередь по условиям формирования естественных ресурсов подземных вод делится на две части: восточную, с основными водоносными горизонтами в касмалинской свите четвертичного возраста, в кочковской и павлодарской свитах неогенового возраста и западную, в которой основными являются меловые водоносные горизонты. Восточная часть Ишим-Иртышского района представляет собой Глуховский субартезианский бассейн, а западная является частью Иртышского артезианского бассейна.

Естественные ресурсы подземных вод Глуховского бассейна определены Семипалатинской гидрогеологической экспедицией. Они формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации поверхностных вод на южном склоне Бель-Агачского поднятия. Разгрузка происходит в виде родникового стока на правом берегу р. Иртыша и

подземного стока на западе за пределами Глуховского бассейна Естественные ресурсы определены балансовым методом. Величина инфильтрации подземных вод (117 *мм* в год) вычислена по режимным наблюдениям, родниковый сток (3,4 $м^3/сек$) — по неоднократным замерам, расход подземного потока в западном направлении (2,5 $м^3/сек$) — по формуле Дарси в створе Глуховка — Контрольный. Исходя из этого, естественные ресурсы для площади балансового участка 2400 $км^2$ составили 7,3 $м^3/сек$ и модуль подземного стока 3 $л/сек$ с 1 $км^2$. Естественные ресурсы для всей площади Глуховского бассейна равны $3{,}0 \times 5175 = 15\,525$ $л/сек$, или 15,52 $м^3/сек$.

Фактического материала для оценки естественных ресурсов подземных вод в западной части Ишим-Иртышского района нет. Считая условия их формирования аналогичными условиям формирования восточной части, распространяем модуль подземного стока, полученный для Глуховского бассейна, на весь район. Естественные ресурсы подземных вод при этом могут составлять $3 \times 16\,210 = 48{,}63$ $м^3/сек$.

Эксплуатационные запасы подземных вод четвертичных и неогеновых отложений определены исходя из эксплуатации условных водозаборов и составляют 14,53 $м^3/сек$. Для оценки эксплуатационных запасов меловых водоносных горизонтов данных нет.

* * *

В табл. 15—17 приведены сводные данные о естественных ресурсах и эксплуатационных запасах подземных вод Восточного Казахстана.

Ресурсы подземных вод определены для гидрогеологических районов второго и третьего порядков. Суммирования их величин для районов первого порядка не проводилось в связи с тем, что эти районы входят в Восточный Казахстан лишь окраинными частями, а за пределами последнего имеют значительно более широкие площади распространения.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы.

Наиболее обеспечена ресурсами подземных вод горная часть Восточного Казахстана, где выпадает наибольшее количество атмосферных осадков и где модули подземного стока достигают 7 $л/сек$ с 1 $км^2$. Однако из-за рассредоточенности и резких колебаний подземного стока во времени использовать его трудно. Более или менее легко здесь может быть использован лишь родниковый сток. Поэтому в горной части к региональным эксплуатационным запасам подземных вод отнесен лишь родниковый сток, т. е. 10% естественных ресурсов подземных вод.

Связь величины подземного стока с геологическим строением устанавливается в горных районах с трудом. Можно лишь отметить, что повышенными модулями подземного стока отличаются карстующиеся известняки и, наоборот, пониженными их величинами — нижнепалеозойские метаморфические породы. В основном же величина модуля подземного стока зависит от количества атмосферных осадков, от высоты и расчлененности рельефа.

Бедны ресурсами подземных вод центральная и западная части Восточного Казахстана в пределах Чингиз-Жарминско-Балхашского района. Это связано с малым количеством атмосферных осадков, высокой испаряемостью и затрудненностью стока в связи со слабой расчлененностью рельефа. Модули подземного стока для значительной части этой территории составляют 0,1—0,5 $л/сек$ с 1 $км^2$. При этом наименее обеспечены естественными ресурсами подземных вод северо-западная и юго-западная части района. Это области в основном бессточные с местной разгрузкой подземных вод путем испарения. Модуль подземного стока здесь меньше 0,1 $л/сек$ с 1 $км^2$.

Таблица 15

Естественные ресурсы подземных вод горноскладчатых областей Восточного Казахстана

Гидрогеологический район и его номер на карте	Районы третьего порядка, характерные участки, массивы, горизонты	Площадь, $км^2$	Модуль подземного стока, $л/сек$ с 1 $км^2$	Объем стока		Слой стока, $мм/год$
				$м^3/сек$	млн $км^3/год$	
I. Алтаискии	Рудно-Алтайский высокогориая часть . . .	11 152	3—7,07(4,67)	52,08	1642,4	149
	средне- и низкогорная часть .	22 953	1,84—2,63 (2,36)	54,17	1708,3	74
	Южно-Алтайский	16 808	1,5—3,17 (2,81)	52,85	1666,7	89
	Калбинский . . .	16 713	0,1—2,7 (1,28)	23,39	757,6	40
	Потоки грунтовых вод в долинах рек Убы .	—	— —	2,0	63,0	—
	Ульбы . . .	—	— —	0,81	25,5	—
	Хамира и Тургусуна .	—	— —	1,26	39,7	—
	Березовки . .	—	— —	0,45	14,2	—
	Нарыма . . .	—	— —	1,4	44,1	—
	Бухтармы . .	—	— —	2,2	69,4	—
	Иртыша . . .	--	— —	5,3	167,1	—
Итого . .				195,91	6178,0	
II. Саур-Тарбагатайскнй		18 272	0,66—8 (2,28)	41,66	1313,8	72
III. Чингиз-Жарминско-Балхашский	Чингизский . . .	33 525	0,5—2 (1,14)	32,24	1016,7	36
	Жарминский . .	45 767	0—0,5 (0,3)	9,72	306,5	9
	Северо-Балхашскни	33 787	0,1—1 (0,38)	12,11	381,9	12
Итого . .		113 079	0—2	54,07	1705,1	
Всего . . .				291,44	9190,9	

* в скобках — средневзвешенные значения.

Сравнительно хорошие условия формирования естественных ресурсов подземных вод лишь в пределах хребта Чингиз, где количество атмосферных осадков больше, палеозойские трещиноватые породы обнажены и создаются лучшие условия для накопления трещинных вод и движения их к периферии хребта. Модуль подземного стока достигает 1,5—2 $л/сек$ с 1 $км^2$.

На отдельных участках в условиях низкогорья и мелкосопочника удается проследить влияние характера водовмещающих пород и тектонических нарушений на величину подземного стока. Повышенные величины модуля подземного стока отмечаются на участках распространенения карбонатных пород, а также песчаников и интрузивных пород, особенно при сильной их тектонической нарушенности.

В Ишим-Иртышском районе формируются значительные ресурсы подземных вод в неогеновых и четвертичных водоносных горизонтах. Что касается Зайсанского и Алакольского районов, то здесь наибольшая часть естественных ресурсов подземных вод формируется в предгорной зоне в отложениях конусов выноса. Ресурсы подземных вод неогеновых и палеогеновых отложений в центральной части впадин, формирующиеся на больших глубинах, слабо изучены.

Таблица 16

Естественные ресурсы вод артезианских бассейнов Восточного Казахстана

Гидрогеологический район и его номер на карте	Площадь $км^2$	Модуль подземного стока $л/сек$ с 1 $км$	Объем стока	
			$м^3/сек$	млн $м^3/год$
IV Заисанский				
Местный сток за счет инфильтрации	27 464	0,63	17,40	—
Грунтовые воды конусов выноса, формирующиеся за счет поглощения речного стока	—	—	10,20	—
Подток трещинных вод со стороны горного обрамления	—	—	8,23	—
Итого		1,3	35,83	1129,9
V Алакольский				
Местный сток за счет инфильтрации и грунтовые воды конусов выноса, формирующиеся за счет поглощения речного стока	11 691	—	23,70	747,4
VI Ишим-Иртышский				
Грунтовые и артезианские воды	16 210	3	48,63	1533,6
Всего			108,16	3410,9

Таблица 17

Эксплуатационные запасы подземных вод Восточного Казахстана

Гидрогеологический район и его номер на карте	Районы третьего порядка характерные участки массивы, горизонты	Площадь, $км^2$	Модуль $л/сек$ на 1 $км^2$	Запасы			
				$м^3/сек$	млн $м^3/год$	в том числе с различной минерализацией (в $г/л$) $м^3/сек$	
						до 1	1—3
I Алтайский	Горно-Рудно-Алтайский высокогорная часть	11 152	0,467	5,21	164,3	5 21	—
	средне- и низкогорная часть	22 953	0,236	5,41	170,6	5 41	—
	Южно-Алтайский	16 808	0,281	5,28	166,5	5,28	—
	Калбинский	16 713	0,4	6,73	212,2	6,73	—
	Потоки грунтовых вод в долинах рек	—	—	14,18	447,2	14,18	—
Итого				36,81	1160,8	36,81	—
II Саур-Тарбагатайский	Западно-Тарбагатайский и Саур-Манракский	18 272	0,228	12,50	394,2	12,50	—
	Чиликтинский			0,40	12,6	0,40	—
Итого				12,90	40о,8	12,90	—
III Чингиз-Жарминско-Балхашский	Чингизский	33 525	0,3	9,67	305,0	9 67	—
	Жарминский	45 767	0,09	2,92	92,1	2,92	
	Северо-Балхашский	33 787	0,11	3,63	114,5	3,63	
Итого		113 079		16,22	511,6	16,22	
IV Заисанский				28,20	889,3	26,40	1,80
V. Алакольский				18,50	583,4	14,6	3,9
VI Ишим-Иртышский				14,53	458,2	14,53	—
Всего				127,16	4010,1		

Глава X

МИНЕРАЛЬНЫЕ И ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ, ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ

Восточный Казахстан не отличается особым разнообразием минеральных вод. Согласно классификации лечебных минеральных вод, принятой в Центральном институте курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения СССР, на территории Восточного Казахстана выделяются следующие группы подземных минеральных вод:

I. Без специфических компонентов.

II. Слабо минерализованные щелочные термальные с повышенным содержанием кремнекислоты (более 0,030 *г/л*).

III. Радоновые.

IV. Железистые (кислые).

По основному газовому составу воды всех групп относятся к азотным. Области распространения их представлены на схематической карте распространения минеральных вод (рис. 37).

ВОДЫ БЕЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ

Среди этой группы лечебных минеральных вод выделяются сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные (гидрокарбонатно-сульфатные) натриевые и сложного катионного состава *, сульфатно-хлоридные (хлоридно-сульфатные) натриево-кальциевые и сложного катионного состава, хлоридные натриево-магниевые.

Воды сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные (гидрокарбонатно-сульфатные) натриевые и сложного катионного состава с минерализацией преимущественно 2,5—3, иногда до 7 *г/л*, холодные распространены в Восточно-Казахстанской области в пределах Зайсанского гидрогеологического района второго порядка. Они приурочены преимущественно к песчано-глинистым отложениям мезо-кайнозоя (неоген, палеоген, верхний мел) и вскрываются скважинами на глубинах от 5 до 135 *м*. Обогащение вод сульфат-ионом связано с вышележащими глинистыми породами, содержащими значительные количества тонкорассеянного гипса. Сульфатность вод понижается по направлению к наружным частям бассейна. Статические уровни устанавливаются на глубинах 0,9—8 *м* ниже поверхности земли, иногда наблюдается самоизлив (водопункты 13 и 20).

Дебиты скважин самоизливом не превышают 0,15 *л/сек*. Удельные дебиты 0,003—0,02 *л/сек*. По химическому составу воды приближаются к воде Сосневской скважины, которая разливается в бутылки в г. Иванове, и к Монинской минеральной воде, которая используется в качестве лечебно-питьевой в санатории под Москвой. Эти воды могут быть рекомендованы как лечебно-питьевые при различных жедудочно-кишечных заболеваниях.

---

* При сложном катионном составе присутствуют все три катиона (натрий, кальций и магний) в количествах, превышающих 20% *экв*.

Воды хлоридно-сульфатные (сульфатно-хлоридные) натриево-кальциевые и сложного катионного состава распространены на описываемой территории почти повсеместно (см. рис. 37). Определяющими фак-

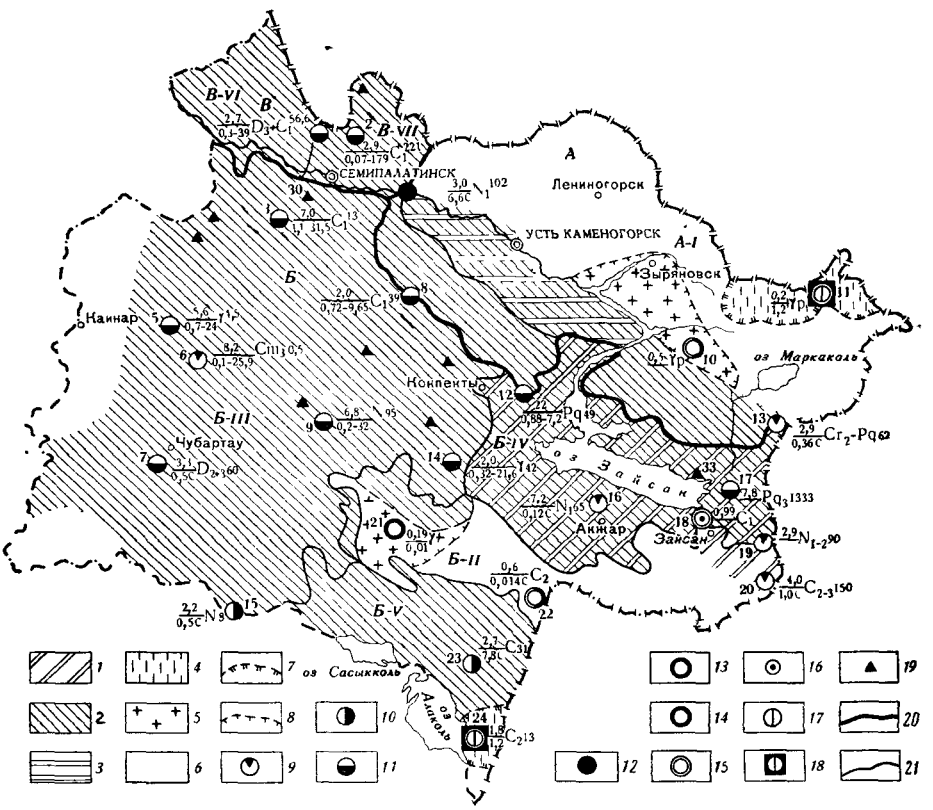


Рис. 37. Схематическая карта распространения минеральных вод и лечебных грязей Восточного Казахстана (составила А. Б. Авдеева)

1—5 — области распространения минеральных вод (*1* — сульфатных, гидрокарбонатио-сульфатных различного катионного состава с минерализацией 2—10 *г/л*, *2* — сульфатно-хлоридных и хлоридно-сульфатных различного катионного состава с минерализацией 2—10 *г/л*, *3* — хлоридных различного катионного состава с минерализацией 2—10 *г/л*, *4* — азотных слабо минерализованных щелочных терм с повышенным содержанием кремнекислоты (более 0,03 *г/л*), с минерализацией до 2 *г/л*, *5* — радоновых вод различного ионного состава с минерализацией до 1 *г/л*, *6* — области, в пределах которых минеральные воды неизвестны, *7—8* — границы районов с очаговым распространением минеральных вод (*7* — азотных, *8* — радоновых); *9—12* — опорные водопункты с подземной водой различного ионного состава (слева — номер водопункта, справа: в числителе — минерализация воды в *г/л*, в знаменателе — дебит в *л/сек*, понижение в *м*, с — самоизлив, после дроби возраст водоносного горизонта и его глубина в *м*), *9* — гидрокарбонатио-сульфатные и сульфатные различного катионного состава, *10* — сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные натриево-кальциевые, *11* — сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные сложного катионного состава, *12* — хлоридные различного катионного состава; *13—15* — специфические особенности состава вод *13* — Fe более 20 *мг/л*, *14* — Rn более 5тμ *с/л*, *15* — H_4SiO_4 более 30 *мг/л*; *16—17* — водопункты с термальной водой в °С (*16* — от 20 до 35, *17* — от 35 до 50); *18* — бальнеологический курорт или санаторий, использующий минеральные воды, *19* — месторождения лечебных грязей, *20—21* — границы гидрогеологических районов (*20* — первого порядка: *А* — Саяно Алтайский, *Б* — Центрально-Казахстанский, *В* — Ишим-Иртышский; *21* — второго порядка: *А-I* — Алтайский, *Б-II* — Саур-Тарбагатайский, *Б-III* — Чингиз-Жарминско-Балхашский, *Б-IV* — Зайсанский, *Б-V* — Алакольский, *В-VI* — Иртышский, *В-VII* — Глуховский)

торами в формировании состава этих вод являются развитие процессов континентального засолонения и наличие в верхних частях разреза плохо промытых, местами загипсованных пород. Преобладают холодные воды сложного катионного состава с минерализацией 2—7 *г/л* (водопункты 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 12, 14 и 17). Они приурочены к различным по возрасту породам — песчано-глинистым отложениям неогена и палео-

гена, глинистым сланцам нижнего карбона, порфиритам девона — и вскрываются скважинами на глубинах от 4,5 до 230 *м*. Воды напорные, но статические уровни устанавливаются обычно ниже поверхности земли. Удельные дебиты скважин колеблются в пределах 0,003—0,1 *л/сек*. Воды по химическому составу являются аналогом известных Ижевских минеральных вод, которые используются как лечебно-питьевые при болезнях органов пищеварения (хронические гастриты, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки), обмена веществ и др.

Хлоридно-сульфатные натриево-кальциевые воды близки по составу к угличским минеральным водам.

Хлоридные натриево-магниевые воды с минерализацией 3 *г/л*, холодные вскрыты рядом скважин в северо-восточной части Восточно-Казахстанской области в пределах Калбинского гидрогеологического района в кварцевых песках неогена на глубинах 90—105 *м* (водопункт 4). Воды напорные, из скважин часто происходит самоизлив. Используются для водопоя скота и технического водоснабжения.

СЛАБО МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КРЕМНЕКИСЛОТЫ

Данные воды распространены на отдельных участках в северо-восточной части описываемой территории в пределах Алтайского (водопункт 11), Зайсанского (хребет Манрак, водопункт 18) и Алакульского (горы Барлык, водопункт 24) гидрогеологических районов и выходят на поверхность земли в виде источников. Последние приурочены к зонам тектонических разломов в изверженных породах. Выходы термальных вод часто сопровождаются выделением спонтанного газа в виде пузырьков.

Воды различного ионного состава с минерализацией 0,2—1,8 *г/л*, содержанием кремнекислоты 0,030—0,044 *г/л* и температурой 22—43° С. Формирование их происходит на больших глубинах, где просачивающиеся с поверхности инфильтрационные воды приобретают высокие температуры, характерный ионный и газовый состав. Спонтанные и растворенные газы, содержащиеся в водах, состоят из азота с примесью редких газов. Отношение аргона к азоту близко к их отношению в воздухе. Различная температура вод (22—43° С) может быть объяснена различными условиями выхода, подтоком холодных грунтовых вод и потерей тепла при прохождении верхнего наносного покрова. Восходящие потоки термальных вод, приуроченные к тектоническим зонам разломов, образуют резко выраженные у поверхности термические аномалии. Вблизи и вдоль таких разломов образуются прогретые участки, в которых быстро происходит нарастание температур с глубиной.

В пределах описываемой территории на базе двух групп источников — Рахмановских и Барык-Арасан — функционируют санаторно-курортные учреждения.

Рахмановские ключи находятся в Катон-Карагайском районе Восточно-Казахстанской области. Они расположены в высокогорной части Горного Алтая на высоте 1750 *м* над уровнем моря на южном склоне Катунского хребта.

Рахмановские ключи были открыты крестьянином Рахмановым в 1763 г. С тех пор они пользуются большой популярностью у местного населения. В 1894 г. на их базе был организован примитивный курорт. С 1963 г. функционирует санаторий. Источники приурочены к тектоническому нарушению северо-западного простирания в гранитах калбинского комплекса, заложенному в палеозое и обновленному в нижнечетвертичное время. Разгрузка термальных вод происходит в пределах полосы шириной 15—20 *м* и длиной около 150 *м* (рис. 38). По химическому составу

воды щелочные гидрокарбонатно-сульфатные натриевые с минерализацией 0,19 *г/л*, содержанием кремнекислоты 0,0317 *г/л* и температурой 33°—41° С. Наблюдается несколько повышенное содержание в воде радона (до 9 ед. Махе). По составу растворенного и спонтанного газа они азотные. Запасы Рахмановских термальных вод 350 *м³/сутки* (4 *л/сек*). Азотная слабо минерализованная щелочная термальная вода Рахманов-

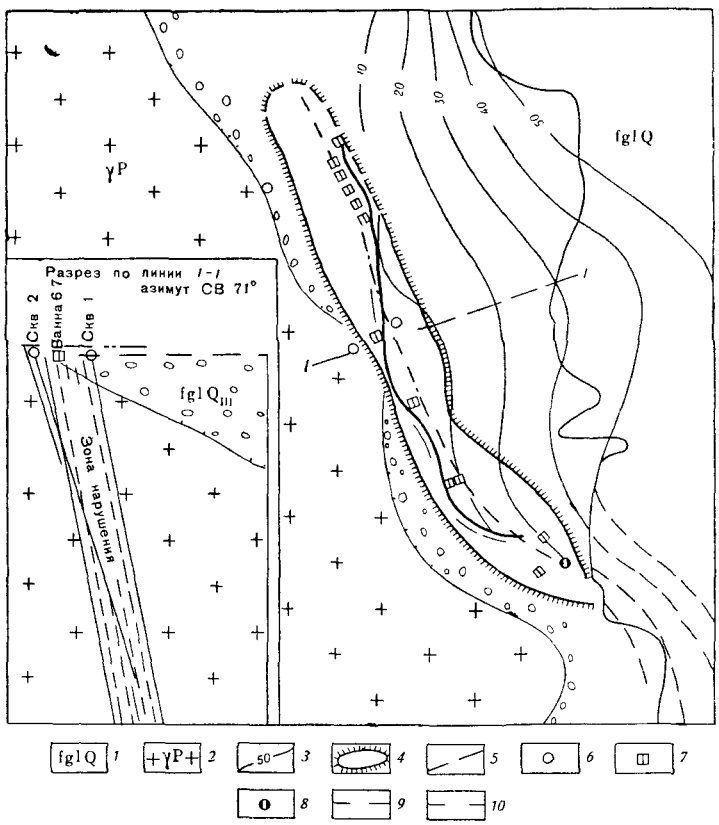


Рис 38 Схематическая гидрогеологическая карта участка выходов Рахмановских ключей (составил В. И Белянин)

1 — водоносный горизонт водно ледниковых четвертичных отложений *2*— воды зоны открытой трещиноватости гранитов, *3* — линии изомощностей четвертичных отложений (по данным ВЭЗ), *4* — участок разгрузки термальных трещинно-жильных вод, *5* — ось района максимальных температур почвы на глубине 0,2—0,5 *м*, *6* — скважины, *7* — источник ванна, *8* — водомерный пост *9* — уровень грунтовых вод (на разрезе), *10* — уровень термальных вод (на разрезе)

ских источников является близким аналогом известной и широко апробированной воды курорта «Алма-Арасан» Казахской ССР и может быть использована для лечения заболеваний суставов, нервной системы, органов кровообращения и др.

Источники Барлык-Арасан известны местным жителям очень давно. В середине прошлого столетия впервые были сделаны химические анализы воды и даны рекомендации по их использованию. В последующие годы они неоднократно посещались геологами при региональных геологических и гидрогеологических исследованиях, а также специально обследовались экспедициями Пятигорского бальнеологического института, Института краевой патологии, Центрального института курортологии и физиотерапии.

Источники расположены в Маканчинском районе Семипалатинской области, в 14 *км* к востоку от с. Кара-Булак. Выходы термальных вод приурочены к главному Барлык-Арасанскому разлому широтного простирания, проходящему вдоль подножия правого борта долины р. Арасан. Водовмещающими породами являются порфириты среднего карбона, прорванные дайками гранит-порфиров и разбитые серией разломов, обновленных в альпийское время. Разгрузка вод происходит в виде тринадцати восходящих источников. Термальные воды выходят из-под песчано-галечных делювиально-пролювиальных отложений. По составу воды источников хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые с минерализацией 1,47—1,78 *г/л* и температурой 21—44° С. Суммарный дебит источников 2,6 *л/сек*. Выходы воды сопровождаются спонтанным выделением азота.

В 1961—1962 гг. в районе источников Барлык-Арасан были проведены буровые разведочные работы на минеральные воды. Скважины 1 и 2 вывели термальную воду, аналогичную по составу воде источников. Запасы минеральных термальных вод Барлык-Арасан, включающие суммарный дебит источников 2—11 и скв. 1,2, по категории А составляют 3,23 *л/сек*. С 1963 г. на базе источников Барлык-Арасан функционирует круглогодичный санаторий.

Источники Арасан-Талды расположены в предгорьях хребта Манрак, вблизи с. Талды. Они представляют собой ряд ключей с дебитами от 0,1 до 1 *л/сек*. По составу вода источников гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-натриевая с минерализацией 0,99 *г/л*, содержанием кремнекислоты 0,032 *г/л* и температурой 22° С. Она пользуется большой популярностью у населения. Местные жители сделали у источников три примитивные ванны с навесами. Вода источников используется для лечения ревматизма, экзем и различных желудочных заболеваний.

РАДОНОВЫЕ ВОДЫ

Радоновые воды не имеют широкого регионального распространения и встречаются лишь на отдельных участках в пределах Алтайского и Саур-Тарбагатайского гидрогеологических районов. Приурочены они к гранитам калбинского комплекса, а также встречаются в осадочных породах такырской свиты.

Формирование таких вод обусловливается содержанием в породах акцессорных радия и урана, эманирующей способностью пород, а также общей гидрогеологической обстановкой.

По составу радоновые воды хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-магниевые и кальциево-натриевые с минерализацией 0,15—0,6 *г/л*.

ЖЕЛЕЗИСТЫЕ (КИСЛЫЕ) ВОДЫ

Кроме перечисленных минеральных вод большой интерес представляет собой кислая железистая вода источника Аулиэ-Булак, расположенного в Чубартауском районе Семипалатинской области (водопункт 22). Выход воды приурочен к вторичным кварцитам среднего карбона в пределах Чингиз-Жарминско-Балхашского гидрогеологического района. Химический состав воды характеризуется формулой

$$M_{0,6} = \frac{SO_4\,47\ SiO_3\,30\ HCO_3\,22}{Fe\,59\ Al\,19\ Na\,15}\ pH\,3{,}0.$$

Дебит источника 0,014 *л/сек*. К сожалению, сведения по химическому составу этих вод в разных литературных источниках различны, что тре-

бует проведения дополнительных исследований в этой области. Вода источника Аулиэ-Булак по составу близка к кислым рудничным водам сульфидных месторождений. Химический состав их формируется в результате процессов окисления сернистых металлов, встречающихся здесь в виде пирита, халькопирита и сфалерита. Эти процессы развиваются под влиянием кислорода воздуха и вод в верхних горизонтах и ведут к образованию хорошо растворимых в воде сернокислых соединений. В результате воды обогащаются ионами двух- и трехвалентного железа и сульфатами.

Железистые воды являются ценными в бальнеологическом отношении, так как соли железа способствуют кровотворению, образованию эритроцитов и гемоглобина, оказывают общеукрепляющее действие.

Таким образом, выявленные в Восточном Казахстане минеральные воды в зависимости от их физико-химических свойств могут быть значительно шире использованы для наружного и внутреннего применения при лечении больных с заболеваниями кровообращения, нервной системы, органов движения, пищеварения и др.

ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ

На территории Восточного Казахстана месторождения лечебных грязей сосредоточены в степной зоне Семипалатинской области.

Изучение грязевых месторождений было начато в 30-х годах, когда изучались грязевые отложения озер Горчины и Сор; в начале 60-х годов большую работу по изучению грязевых ресурсов провели сотрудники Института краевой патологии под руководством С. И. Замятина. Ими обследованы рапа и грязи озер Сор, Шункусор, Тузколь, Арасан, Каскабулакколь и др. Летом 1964 г. Специализированной комплексной гидрогеологической партией конторы Геоминводы было проведено обследование гидроминералогических ресурсов территории Восточного Казахстана (В. П. Басаев, М. Л. Хромова и др.), на основании которого дана бальнеологическая оценка грязевых месторождений.

Согласно существующей классификации изученные грязи относятся к иловым сероводородным минеральным. Формируются они в озерных котловинах и представляют собой молодые образования. Формирование иловых сероводородных грязей в озерах происходит в восстановительных условиях при постоянном водном покрове за счет поступления тонких глинистых частиц и органического вещества в донные отложения. Минерализация вод грязевых озер на обследованной территории колеблется от 5,7 (оз. Арасан) до 330 *г/л* (оз. Карабастуз). В озерах с высокой минерализацией воды распространены высокосоленые минеральные сероводородные грязи и лишь в одном озере (Арасан) — среднесоленые. По физико-химическим показателям грязи обладают высокими лечебными качествами. Грязевой раствор высокосоленых грязей по химическому составу относится к хлоридному, сульфатному, сульфатно-хлоридному магниево-натриевому типу.

Грязелечебницами используются только два месторождения (озера Зайсан и Карабастуз), на остальных месторождениях практикуется «дикое» лечение местным населением. Грязь озер применяется в основном для лечения органов движения, опоры и в гинекологии.

Глава XI

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В недрах Восточного Казахстана имеются различные полезные ископаемые: цветные и черные металлы, золото, уголь, строительные материалы и др. В Южном Алтае и на Калбе (Алтайский район), а также в Центрально-Казахстанском районе месторождения располагаются преимущественно на междуречных возвышенных участках, часто выше местных базисов эрозии и, следовательно, находятся в несложных гидрогеологических условиях. Наиболее сложны и в то же время хорошо изучены гидрогеологические условия полиметаллических месторождений Рудного Алтая (Алтайский район).

МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛТАЙСКОГО РАЙОНА

На Рудном Алтае расположены месторождения полиметаллов Восточного Казахстана. Это Лениногорское (Риддерское) и Зыряновское рудные поля, включающие ряд месторождений. Белоусовское, Иртышское, Березовское и другие более мелкие месторождения приурочены к Иртышской зоне смятия. Лениногорское рудное поле западной частью опускается в Лениногорскую впадину под мощную толщу сильно обводненных аллювиально-пролювиальных валунно-галечно-гравийно-песчаных отложений. Годовое количество осадков непосредственно во впадине составляет около 700 *мм*, достигая 1800 *мм* в окружающих впадину горах. Непосредственно над рудными телами протекает несколько речек, которые, сливаясь, образуют реку с расходом до 15—20 $м^3/сек$. Реки оказывают большое влияние на обводнение рудников.

Рудное поле сложено палеозойскими интенсивно метаморфизованными эффузивно-сланцевыми породами, прорванными мощной интрузией гранитоидов. На размытой поверхности палеозоя залегают неогеновые и четвертичные отложения. В районе месторождений развиты подземные воды в рыхлообломочных аллювиально-пролювиальных четвертичных отложениях и в трещиноватых палеозойских породах. Первые являются основным источником обводнения горных выработок, проникая в них через систему трещин в палеозойских породах.

Особенно широкое площадное распространение и большую мощность имеют подземные воды, приуроченные к среднечетвертичным гравийно-галечным отложениям. В западной части рудного поля их мощность достигает 50 *м*, увеличиваясь на запад до 100 *м*. Глубина залегания уровня воды в долинах рек не превышает 1—3 *м*, в средней части котловины — 15—18 *м*, в западной — 16—25 *м*. Комплекс весьма водообилен. Удельные дебиты скважин 0,5—15,44 *л/сек*. Коэффициенты фильтрации пород 0,263—163,53 *м/сутки* при среднем значении 30—40 *м/сутки*. Постоянным и мощным источником питания его являются поверхностные воды рек, стекающие в межгорную котловину, и инфильтрация обильных атмосферных осадков. Межпластовые воды напорного типа приурочены к нижнечетвертичным гравийно-галечным отложениям, про-

слеженным в долинах рек. Глубина залегания их 35—65 *м*, мощность 3—32 *м*. Удельные дебиты скважин достигают 4,59 *л/сек*, а коэффициенты фильтрации водовмещающих пород 52 *м/сутки*. Питание они получают за счет поверхностных вод в верховьях реки, а также подтока трещинных вод.

Трещинные грунтовые воды зоны выветривания палеозойских пород распространены до глубины 40—60 *м*. Удельные дебиты скважин 0,0018—0,28 *л/сек*, коэффициент фильтрации пород 0,025—5,5 *м/сутки*. Воды питаются за счет инфильтрации атмосферных осадков; запасы их ограниченны, и обводненность горных выработок за счет этих вод небольшая. Так, на Крюковском месторождении с дренируемой площади 8000 $м^2$ водоприток составлял 7—15 $м^3/ч$.

Трещинно-жильные воды, приуроченные к зонам тектонически нарушенных пород, встречены многочисленными разведочными скважинами, а также горными выработками, причем приток в горные выработки из отдельных тектонических трещин составлял 90 $м^3/ч$ В квершлаг, соединяющий два рудника, максимальный приток из вскрытых трещин достигал 180 $м^3/ч$. Водоприток из трещин, гидравлически связанных с аллювиальными водами, почти постоянен. На участках, удаленных от долин с мощными водоносными горизонтами, трещинно-жильные воды имеют ограниченные запасы, приток из них быстро сокращается, а иногда и прекращается совсем

До 1916 г в период разработки верхних горизонтов месторождения трещинно-грунтовые воды в незначительном количестве поступали по трещинам с Лениногорской (Риддерской) сопки Приток не превышал 60 $м^3/ч$ и находился в прямой зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков. В 1916 г. в результате обвала на 6 горизонте и обрушения висячего бока месторождения образовалось большое количество трещин, по которым воды четвертичного аллювиального комплекса затопили рудник. В конце 1916 г была предпринята попытка откачать воду, но после последующих обвалов висячего бока приток воды в рудник возрос до 165 $м^3/ч$, и он вновь был затоплен до 1925 г К 1928 г наиболее обводненным был 6 горизонт, куда поступало до 168 $м^3/ч$ воды. К этому времени вокруг зоны проседания образовалась депрессионная воронка, вытянутая с юго-востока на северо-запад, площадью 25 500 $м^2$. Уровень грунтовых вод в центре депрессионной воронки понизился на 5 *м* В дальнейшем выработками 7 горизонта было подсечено несколько стволов разведочных скважин, из которых стала поступать вода галечниковой толщи. К 1933 г приток воды в рудник возрос до 360—390 $м^3/ч$. С увеличением эксплуатационных работ на 8 горизонте увеличилось проседание кровли с появлением новых и расширением старых трещин. Суммарный приток в 1934 г. достиг уже 420 $м^3/ч$ К этому времени уровень аллювиально-пролювиальных вод понизился (в центре воронки) на 10 *м* и воронка распространилась до русла реки. К 1939 г. уровень понизился на 13,5 *м*, к 1943 *г.*— на 24 *м*.

С 1953 г. наиболее обводненным стал 11 горизонт. До 1949 г 11 горизонт был практически сухим, несмотря на большую площадь, вскрытую выработками Обводнение его произошло после обрушения кровли над выработанным пространством. В течение 1952—1953 гг в результате интенсивной разработки месторождений приток на 11 горизонт резко увеличился и достиг 300 $м^3/ч$ при общем притоке в рудник 572 $м^3/ч$.

Начиная с середины 1956 г. рудничный водоприток сократился и в 1958 г. составлял 337,5 $м^3/ч$. Уменьшение притока объясняется прекращением работ на Первой Риддерской залежи и засыпкой провальной воронки на поверхности суглинками. В связи с уменьшением водо-

притока в рудник произошло восстановление уровня аллювиально-пролювиального водоносного горизонта

На Лениногорском руднике, куда вода, как правило поступает по контакту сланцев висячего бока с рудным телом и в местах обрушения и оседания пород, по мере дальнейшего продвижения эксплуатационных работ на запад и в глубь месторождения приток воды вновь возрос до 500—750 $м^3/ч$

Выработки в районе Заводской залежи, расположенной в гористой части, обводнены слабо, несмотря на значительную тектоническую нарушенность слагающих пород Суммарный расход вод по залежи не превышал 7 $м^3/ч$.

Для определения возможности перехвата грунтового потока на подступах к Лениногорскому руднику в конце 1957 г в его пределах проводилась групповая откачка из четырех скважин При понижении уровня воды в центральных скважинах на 6,03—11,26 *м* суммарный дебит откачиваемой воды установился равным 388,2 $м^3/ч$, причем, если к началу откачки рудничный водоприток составлял 480 $м^3/ч$, то к концу опыта он сократился до 220 $м^3/ч$. Таким образом, была установлена возможность осушения надрудной водоносной гравийно-галечной зоны

Сокольное месторождение состоит из ряда залежей, находящихся в разнообразных сложных гидрогеологических условиях

Крупные тектонические трещины с большими водопритоками встречены на 10, 11 и 13 горизонтах месторождения Особенно водообильны участки, расположенные в бортах или под древними долинами рек Так, например, при проходке соединительного квершлага на 11 горизонте между двумя месторождениями рудничный водоприток за счет трещинных вод достигал 180 $м^3/ч$ (1949 *г.*) В 1955 г рядом с соединительным был пройден параллельный квершлаг, вскрывший новые водоносные трещины, что дало увеличение притока на 50—80 $м^3/ч$ (первоначально), со временем приток по соединительному квершлагу сократился, и суммарно в оба квершлага стало поступать около 100 $м^3/ч$ воды

С посадкой блоков и обрушением кровли выработок картина обводненности резко изменилась· наряду с притоками из ранее подсеченных трещин в рудник стала поступать вода с участков обрушенных блоков Так, в феврале 1953 г при посадке блока № 1 на поверхности земли возникла провальная воронка, обнажившая гравийно-галечные отложения

Приток на 9 горизонт возрос и в марте 1953 г достигал 104 $м^3/ч$, причем 70% этого количества поступало с участка обрушенного блока При посадке блока № 4 в декабре 1957 г на поверхности также образовалась глубокая провальная воронка, в связи с чем в рудник стало поступать воды до 180 $м^3/ч$. В дальнейшем за счет частичной сработки статических запасов подземных вод рыхлых отложений рудничный водоприток значительно уменьшился и к 1964 г составлял 72—128 $м^3/ч$

Наиболее обводненными являются выработки 10 и 11 горизонтов, обводнение их происходит из тектонических трещин и в основном за счет поступления воды из обрушенных блоков, когда воронки обрушения выходят на поверхность и начинают дренировать воды гравийно-галечных отложений Общий приток по 11 горизонт включительно колеблется от 336,5 до 459,7 $м^3/ч$.

Наблюдения в процессе проходки горных выработок на 12 и 13 горизонтах показывают, то здесь породы практически сухие, несмотря на большую тектоническую нарушенность

Общий приток в выработки Сокольного месторождения (по 13 горизонт включительно) в течение 1964 г изменялся от 825 до 1099 $м^3/ч$ Андреевская линза, расположенная неглубоко от поверхности, отраба-

тывается открытым способом. К 1966 г. приток из гравийно-галечных отложений достиг 150 *м*³/*ч*.

Для создания безопасных условий отработки Андреевской линзы открытым способом и остальных рудных залежей подземным способом системой блокового обрушения намечается осушение надрудной гравийно-галечной толщи дренажными линиями и отвод рек за пределы шахтных полей. После осуществления дренажа шахтный водоотлив должен сократиться. Однако, учитывая вскрытие горными выработками новых площадей под древними долинами рек, а также те воды, которые не будут перехвачены дренажными линиями, значительных изменений в существующем сейчас притоке, возможно, не произойдет.

С 1955 по 1964 г. общий среднегодовой шахтный водоотлив составлял 1073—1273 *м*³/*ч*.

Рудничные воды Лениногорской группы месторождений по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатные, иногда сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией от 0,14 до 0,725 *г/л*, используются для технических целей.

Зыряновское рудное поле, состоящее из месторождений Заводского, Маслянского, Зыряновского и др., расположено в межгорной котловине, выполненной отложениями трех рек. Сложено оно осадочными и вулканогенными породами средне-верхнедевонского возраста и рыхлыми кайнозойскими отложениями мощностью до 150 *м*. В его пределах развиты трещинные воды зоны выветривания скальных пород, трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений и поровые воды кайнозойских отложений. Мощность трещиноватой зоны по отдельным скважинам и шахтам достигает 60 *м*. Ниже трещиноватость резко сокращается, за исключением зон тектонических нарушений. Питание трещинные воды получают за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока грунтовых вод из аллювиальных отложений. Расходы скважин из трещиноватых пород 0,25—2,3 *л/сек* при понижениях соответственно 15—15,8 *м*. В четвертичных гравийно-галечных отложениях развит водоносный комплекс мощностью до 140 *м*. Воды в основном безнапорные и имеют тесную гидравлическую связь с поверхностными водами. Дебит скважин достигает 27,5 *л/сек* при понижении 8,6 *м*.

Верхние горизонты Зыряновской залежи отрабатываются карьером, остальные — подземным способом. По условиям обводненности здесь выделяются четыре участка: Западный, Центральный, Восточный и участок карьера.

Западный участок, включающий Заводскую и Маслянскую залежи, отрабатываемые Маслянским рудником, самый удаленный от реки. Сложен он глинистыми серицито-хлоритовыми сланцами, порфиритами с прослоями микрокварцитов. Выработки, пройденные в монолитных микрокварцитах и окремненных глинистых серицито-хлоритовых сланцах, практически сухие. Вода поступает в выработки в небольшом количестве в виде рассредоточенного капежа из кровли и струйного истечения из стенок с западного и северо-западного флангов (удельные водопритоки 0,005—0,016 *м*³/*ч* на 1 *м* выработки).

Центральный участок сложен слабо трещиноватыми микрокварцитами, глинистыми сланцами и порфирами. Водоприток здесь слабый, по стенкам и кровле выработок наблюдается увлажнение, слабый капеж. Максимальные водопритоки не превышают 100 *м*³/*ч*. В 1965—1966 *гг.* при подсечении квершлагом сильно трещиноватых сланцев на глубине около 150 *м* водоприток резко увеличился до 150—250 *м*³/*ч* (средний удельный водоприток около 0,02 *м*³/*ч* на 1 *м* выработки).

Восточный участок охватывает внутреннюю и северную зоны и непосредственно примыкающую к ним юго-восточную залежь. Над этим

участком проходят долины двух рек, выполненные мощной толщей обводненных рыхлых песчано-гравийно-галечных отложений По долине одной реки в подошве аллювия местами отсутствуют водоупорные глины, что является причиной значительных водопритоков в горные выработки, кроме того, породы часто разбиты разрывными нарушениями Все это создает сложные гидрогеологические условия отработки рудной залежи При проходке горных выработок в ненарушенных слабо трещиноватых сланцах водопритоки были незначительны,— в виде струйного истечения из трещин от 0,5 до 5,4 *м*³/*ч*, сократившиеся через год до 0,1—0,2 *м*³/*ч*. В 1963 г при подсечении разлома расход вод увеличился до 220 *м*³/*ч* К концу 1964 г. в результате сработки статических запасов водопритоков сократился до 128 *м*³/*ч*. В 1965—1966 гг. при проходке ходового и дренажного штреков, подсекших снова тот же разлом на глубине 25—50 *м* от кровли палеозойских пород, водопритоки увеличились до 250 *м*³/*ч* Суммарно водопритоки в подземные выработки месторождения составляли 500—750 *м*³/*ч*.

Верхние горизонты Зыряновской залежи разрабатываются карьером, который имеет овальную форму и, вскрывая в юго-восточной части мощную толщу водоносных аллювиальных отложений долин, находится в сложых гидрогеологических условиях. Объем статических запасов подземных вод в районе месторождения составляет 109 670 тыс. *м*³. С целью уменьшения водопритоков со стороны аллювиальных отложении по проекту Куйбышевского филиала Гидропроекта были выполнены значительные работы.

По мере увеличения производительности временного водопонизительного ряда водопритоки в карьер сократились от 1500 *м*³/*ч* в 1962 г. до 800—500 *м*³/*ч* в 1964—1966 гг. Водоприток по Северной линии к маю 1967 г. достиг 4800 *м*³/*ч* при понижении 45 *м*, а по Южной — 1600 *м*³/*ч* при понижении 36 *м* В результате работы всех дренажных устройств полная сработка статических запасов должна произойти через полтора года с момента пуска их в эксплуатацию. С пуском дренажных линий в эксплуатацию началось усиленное развитие депрессионной воронки, уровень в которой по наблюдательной скважине, расположенной в 300 *м* от Южной дренажной линии, к концу 1966 г. понизился на 24 *м* Отмечено влияние дренажных линий и на работу временного водопонизительного ряда, по которому количество откачиваемой воды сократилось с 2200 до 1300 *м*³/*ч*, но динамический уровень продолжает понижаться Воды месторождения пресные с минерализацией от 0,12 до 0,67 *г/л*, гидрокарбонатные кальциевые, реже гидрокарбонатно-сульфатные, пригодные для технических, а при соответствующих санитарных условиях забора и для хозяйственно-питьевых целей

Белоусовское месторождение приурочено к Иртышской зоне смятия и располагается в долине реки, среднегодовой расход которой 1,36 *м*³/*ч*. В геоморфологическом отношении — это увалистый водораздел, протягивающийся с севера на юг, с пологим западным и крутым восточным склонами. Рудные залежи ленточного типа приурочены к межпластовым зонам срыва в среднедевонских породах. Палеозойские породы перекрыты рыхлыми преимущественно суглинистыми отложениями четвертичного возраста мощностью до 150 *м* в долине реки, до 125—128 *м* в долинах ручьев и от 0 до 15—20 *м* на водораздельных участках и склонах. В юго-восточной части месторождения под покровными средне-верхнечетвертичными лессовидными суглинками на глубине от 4 до 50 *м* залегают четвертичные аллювиальные гравийно-галечные отложения, наиболее развитые в правом борту долины реки, где они налегают непосредственно на трещиноватые породы

В пределах месторождения развиты поровые воды в рыхлых четвертичных отложениях и трещинные — в породах палеозоя. Воды типа верховодки, приуроченные к покровным лессовидным суглинкам и развитые на отдельных участках, не обильны, дебиты водопунктов не превышают 0,5 *л/сек.* В связи с тем, что гидравлическая связь верховодки с водами гравийно-галечников и палеозойских пород отсутствует, на обводнение горных выработок они существенного влияния не оказывают. Водоносный горизонт, приуроченный к аллювиальным гравийно-галечным отложениям, прослежен в древней долине реки, мощность его достигает 15 *м,* водообильность пород неравномерна, удельные дебиты скважин колеблются от 0,5 до 1,5 *л/сек,* коэффициенты фильтрации пород — от 1,72 до 107,26 *м/сутки.* Горизонт имеет гидравлическую связь с трещинными и поверхностными водами, статические запасы его в зоне влияния горных выработок составляют 7038 тыс $м^3$.

Трещинные воды имеют повсеместное распространение Трещиноватость пород развита до глубины 30—50 *м,* в тектонических зонах до 120—150 *м.* На северо-западе и в центральной части месторождения палеозойские породы слабо водообильны. На юго-востоке под долиной реки их водообильность более высокая Дебиты скважин варьируют от 1,26 до 6 *л/сек,* коэффициент фильтрации 0,013—11,05 *м/сутки.* Наиболее водообильны породы в правом борту долины, где они перекрываются обводненными аллювиальными гравийно-галечными отложениями. В целом трещинные воды имеют ограниченные запасы и серьезного влияния на обводненность горных выработок не оказывают Вертикальные горные выработки, вскрывшие эти воды, обводнены слабо, притоки в них не превышают 10 $м^3/ч$.

Наиболее обильными и создающими серьезные помехи при отработке месторождения являются трещинно-жильные воды Они были вскрыты в районе Глубочанских залежей рядом разведочных скважин и стволом РЭШ. При этом первоначальный приток в выработки достигал 36—90 $м^3/ч$. Практически трещинно-жильные, трещинные и поровые воды в пределах юго-восточной части месторождения представляют собой единый поток, общее направление которого совпадает с общим уклоном поверхности с северо-востока на юго-запад. В районе дренирующего влияния горных выработок Белоусовского месторождения, где сформировалась обширная депрессионная воронка, поток меняет направление на западное, северо-западное и северное. По степени обводненности горных выработок месторождение делится на три части: северо-западную, центральную и юго-восточную. Северо-западная часть перекрыта мощной толщей (до 100—130 *м*) лессовидных суглинков На этом участке рудные залежи вскрыты на трех горизонтах до глубины 180 *м* от поверхности. Наиболее обводнен первый горизонт за счет трещинных вод, нижние практически сухие. Максимальные притоки в выработки не превышали 90 $м^3/ч$, минимальные составляли 28 $м^3/ч$ (1961 г.), в среднем 50—60 $м^3/ч$. В связи с тем, что на участке отсутствуют значительные и постоянные источники питания (поверхностные водотоки) и зоны с большими запасами подземных вод, увеличение фронта горных работ может повлечь за собой лишь незначительное увеличение притока.

В центральной части месторождения рудные залежи вскрыты на пяти горизонтах до глубины 300 *м.* Наибольшее количество воды поступает на 3 горизонт, 4 и 5 горизонты практически сухие, лишь в некоторых местах по зонам дробления отмечается слабое поступление воды Притоки составляют 137—245 $м^3/ч$ (в среднем 180—185 $м^3/ч$). Здесь установился постоянный динамический приток в выработки, статические за-

пасы сработаны. Расширение фронта горных работ не должно повлечь за собой увеличения притока

Юго-восточная часть находится в наиболее сложных гидрогеологических условиях. Рудные залежи вскрыты на трех горизонтах на глубину до 180 *м*, наиболее обводнен 1 горизонт Выработки юго-восточного фланга пройдены под обводненными отложениями долины реки В 1957 г при проходке РЭШ откачивалось около 120 *м*^{3}/*ч*, в 1959 г средний приток составлял 91 *м*^{3}/*ч*, максимальный — 126 *м*^{3}/*ч* В 1960 г, когда протяженность горизонтальных выработок увеличилась, средний приток составил 160 *м*^{3}/*ч*, максимальный — 180 *м*^{3}/*ч* В 1961 г при еще увеличившемся протяжении выработок максимальный приток составил 200 *м*^{3}/*ч*, средний — 170 *м*^{3}/*ч*. Наличие постоянного и достаточно водообильного источника питания, с одной стороны, не позволяет ожидать уменьшения притоков, а с другой — чрезмерно большого увеличения их при отработке залежей без обрушения кровли При полной отработке участка при этих условиях ожидается приток в выработки 390—460 *м*^{3}/*ч*

Над горными выработками рудника сформировалась обширная депрессионная воронка, развившаяся за пределы реки на расстояние до 1,5 *км*. Понижение уровня с начала работ на отдельных участках различно: на северо-западном — до 30 *м*, на центральном — до 120 *м*, на юго-восточном — до 24 *м* Рудничные воды имеют минерализацию до 1,3 *г/л* (преимущественно до 0,6 *г/л*), по составу они гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые (pH 6,3—6,8)

Березовское месторождение приурочено к Иртышской зоне смятия Рельеф здесь мелкосопочный, переходящий в слабо волнистую степь, пересекаемую двумя ручьями В геологическом строении принимают участие породы нижнего карбона и среднего девона, представленные сланцами различного состава (глинистыми, кремнистыми, хлоритовыми, серицитовыми и др). На размытой поверхности трещиноватых пород залегают красно-бурые глины неогена мощностью от 11 до 28 *м* Выше залегают покровные средне-верхнечетвертичные суглинки К палеозойским породам приурочены малодебитные трещинные воды (удельные дебиты скважин 0,02—0,15 *л/сек*). Покровные суглинки обводнены спорадически

Месторождение вскрыто до глубины 400 *м* и находится в простых гидрогеологических условиях Наиболее обводнены выработки северо-западного фланга, пройденные под ручьем и обводняющиеся трещинными водами из зоны контакта вмещающих пород с рудными телами, через разведочные скважины, а также через зону обрушения. За период с 1957 по 1961 г. среднегодовой рудничный водоприток возрос с 80 до 168 *м*^{3}/*ч* Над горными выработками развилась депрессионная воронка с понижением уровня в центре до 50 *м* и радиусом влияния до 300—400 *м*. Рудничная вода в околорудных зонах слабокислая (pH 6,4), с минерализацией 1,204 *г/л* и сульфатным кальциево-магниевым составом Вода, поступающая из трещиноватых сланцев, имеет щелочную реакцию (pH 7,4), гидрокарбонатный натриево-кальциево-магниевый состав и пониженную минерализацию (0,4 *г/л*)

Орловское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено на крайнем северо-востоке Семипалатинской области на предгорной Алтайской равнине вдали от крупных долин и поверхностных водотоков К западу от месторождения проходит долина реки, поверхностный сток по которой происходит только в весеннее время. К востоку от месторождения протекает другая речка, которая в летние месяцы также пересыхает. Среднегодовая сумма осадков невелика (370 *мм*) и роль их в питании подземных вод незначительная В геологическом строении месторождения принимают участие метаморфические толщи нижнего

палеозоя (О?) и вулканогенно-осадочные — нижнего карбона. Интрузивные породы представлены альбит-порфирами, габбро, габбро-диоритами, гранодиоритами, плагиогранит-порфирами и т. п. На размытой поверхности палеозойского фундамента залегают гипсоносные глины аральской свиты, мощность которых не выдержана и достигает 45 *м*. На этих глинах, а иногда на породах палеозойского фундамента залегает толща красноцветных глин павлодарской свиты, максимальная мощность которой превышает 70 *м*. По склонам погребенных депрессий и долин развиты четвертичные делювиально-пролювиальные и озерно-аллювиальные образования (суглинки, реже глины с линзами песков и супесей) мощностью от 3—5 до 25—30 *м*. Общая мощность рыхлого покрова в районе достигает 150 *м*. Месторождение расположено в переходной зоне от Иртышской зоны смятия к Алейскому антиклинорию. Породы палеозоя разбиты на ряд тектонических блоков. Верхняя зона мощностью 25—30 *м* трещиноватая. С глубиной трещиноватость быстро затухает и на глубине 50 *м* и более (от кровли коренных пород) открытые трещины встречаются очень редко. Трещины часто закольматированы.

На территории района развиты поровые воды в рыхлых кайнозойских отложениях и трещинные воды в палеозойских породах. Воды в четвертичных отложениях приурочены в основном к отложениям долины реки. Глубина залегания уровня колеблется от 2—4 до 20 *м*, суммарная мощность водовмещающих пород — от 8—10 до 16 *м*. Гидравлическая связь между водоносными слоями, а также связь последних с трещинными водами отсутствуют. Коэффициенты фильтрации пород 0,03—4,3 *м/сутки*. Дебиты скважин изменяются от 1 до 4 *л/сек* при понижении на 1—7 *м*. Питание воды получают за счет атмосферных осадков и поверхностного стока реки. Воды в неогеновых отложениях, приуроченные к песчаным линзам в толще глин, развиты спорадически, обладают напором до 80 *м*; дебит скважин до 6,6 *л/сек* при понижении до 27 *м*. Питание их происходит, по-видимому, за счет трещинных вод в бортах депрессий; воды имеют затрудненный водообмен, минерализация их колеблется от 2—3 до 6 *г/л*, химический состав преимущественно хлоридный натриевый.

В отложениях девона и карбона трещинные воды залегают на глубине 25—30 *м*. В местах тектонических нарушений и в зонах дробления вода встречается на глубинах до 150 *м*; воды напорные. Уровень их устанавливался на глубине 6—8 *м* от поверхности земли. Водообильность водоносного горизонта невысокая, удельные дебиты при откачках 0,05—0,001 *л/сек*, максимально 0,5-01 *л/сек*. Фильтрационные свойства водовмещающих пород низкие, коэффициент фильтрации 0,1—0,3 *м/сутки*. Питание подземных вод происходит далеко за пределами района. Разгрузка затруднена, так как водоносный горизонт на всей площади перекрыт толщей практически водонепроницаемых рыхлых отложений. Минерализация вод 2,8—9 *г/л*. Водообильность нижнепалеозойских пород еще более низкая, удельные дебиты скважин измеряются тысячными долями литра в секунду. Фильтрационные свойства отложений также низкие. Питание горизонта происходит на юге в 15—23 *км* от месторождения на поднятиях за счет инфильтрации атмосферных осадков; условия разгрузки затруднены. Воды обладают напором, статические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах от 6 до 25—30 *м* от поверхности земли. Минерализация вод колеблется в пределах 2—3 *г/л*. По химическому составу воды хлоридные натриево-кальциевые. Интрузивные породы обводнены также весьма слабо. Максимальные расходы при откачках достигали 1 *л/сек* при понижении на 35 *м*.

Основным источником обводнения месторождения являются трещинные воды палеозоя. Расчетный приток воды в рудник 68 $м^3/ч$. При

вскрытии наиболее обводненных зон дробления кратковременные поступления воды не будут превышать 20 $м^3/ч$. В 1966 *г.* трещиноватые обводненные породы были вскрыты шахтой на глубине 33 *м* под толщей глин. При проходке ствола до 161 *м* приток не превышал 10 $м^3/ч$. Воды хлоридно-сульфатные натриевые с минерализацией от 4 до 4,5 *г/л*.

Месторождения Южного Алтая. Для них характерны интенсивная расчлененность рельефа, высокое положение над базисами эрозии, сдренированность водоносных горизонтов и комплексов и вследствие этого слабая обводненность. Водопритоки в горные выработки в большинстве случаев не превышают 10 $м^3/ч$.

Месторождения Калбы. Месторождения Калбы по сравнению с месторождениями Рудного Алтая и Иртышской зоны смятия имеют более простые гидрогеологические условия. Удаленность от крупных рек, сухой климат, высокое положение в рельефе обусловливают обводненность месторождений. В основном в обводнении месторождений участвуют воды зоны открытой трещиноватости палеозойских пород и воды зон тектонических нарушений, глубина залегания которых в зависимости от положения в рельфе колеблется от 5—6 *м* в пониженных участках до 20—45 *м* на водораздельных пространствах. Дебит источников изменяется от 0,1 до 2,5 *л/сек*, редко до 7,9 *л/сек*. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые. Минерализация их не превышает 0,2—0,3 *г/л*, заметно увеличиваясь от возвышенных мест к понижениям. Грунтовые воды рыхлых отложений в районах месторождений встречаются редко, залегают они на глубине от 1—6 до 10—15 *м*. Водообильность пород характеризуется дебитом источников от 0,02—0,6 до 3,34—12 *л/сек* Притоки в существующие горные выработки не превышают 10 $м^3/ч$.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-КАЗАХСТАНСКОГО РАЙОНА

В Центрально-Казахстанском районе месторождения находятся в простых гидрогеологических условиях, не требующих при эксплуатации проведения особых мероприятий по борьбе с водопритоками. В геологическом строении района принимают участие эффузивно-осадочные породы палеозоя, интенсивно смятые в складки. Интрузивные породы имеют меньшее распространение. Кайнозойские образования развиты повсеместно, но мощность их невелика. Наибольшее распространение имеют трещинные воды. В большинстве случаев аккумуляторами более или менее значительных запасов подземных вод являются зоны тектонических нарушений. При встрече тектонических зон горными выработками наблюдаются резкие, но кратковременные увеличения притоков, так как запасы этих вод быстро срабатываются, а пополнение их происходит в ограниченном количестве. Питание подземные воды получают за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод. Грунтовые воды рыхлых отложений и воды открытых водоемов в обводнении месторождений не участвуют.

Месторождения Саур-Тарбагатайского и Зайсанского районов. На территории этих гидрогеологических районов находятся месторождения Кендерлыкское (сланцево-угольное), Таганское (бентонитовых глин) и Бакланье (кварцевых песков). Расположены они выше местных базисов эрозии, в связи с чем гидрогеологические условиях месторождений простые.

Почти на всей территории Восточного Казахстана расположены различные по масштабам месторождения строительных материалов. Гидрогеологические условиях их, как правило, простые, не требующие особых затрат на борьбу с притоками.

Глава XII

ОРГАНИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Для крупного централизованного водоснабжения предприятий Восточного Казахстана главное значение имеют подземные воды аллювиальных песчано-гравийно-галечных отложений современных и древних долин рек и подчиненное — грунтовые трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений (табл. 18).

Таблица 18

Эксплуатационные запасы подземных вод Восточного Казахстана

Типы месторождений	Количество разведанных месторождений	% от общего количества разведанных месторождений различных типов	Количество эксплуатируемых месторождении	Эксплуатационные запасы, тыс. *м³/сутки*		
				всего	в том числе эксплуатируется	% использования
Грунтовые и напорные воды аллювиальных песчано-гравийно-галечных отложений	37	84,1	28	1178,5	746,0	63,0
Грунтовые трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений	4	9,1	2	5,0	1,7	34,0
Напорные воды артезианских бассейнов	2	4,5	1	253,3	2,9	1,1
Грунтовые трещинно-карстовые воды карбонатных пород	1	2,3	1	0,8	0,8	100

За счет первых (см. табл. 18) обеспечиваются такие промышленные центры, как Усть-Каменогорск, Семипалатинск, Зыряновск, Лениногорск и большинство рудников, находящихся в Алтайском, Зайсанском, Алакольском и Саур-Тарбагатайском гидрогеологических районах; за счет вторых — Кусмурунский, Бакырчик, Ново-Таубинский, Октябрьский и другие рудники в Чингиз-Жарминско-Балхашском районе.

Трещинные и трещинно-жильные воды имеют самое широкое распространение, но большого практического значения для централизованного водоснабжения они не имеют. На описываемой территории разведано четыре месторождения, по которым суммарные запасы составляют всего 5000 *м³/сутки*. Эти воды в основном используются небольшими рудниками и сельскохозяйственными объектами, расположенными вдали от речных долин.

Большой практический интерес для водоснабжения и орошения представляют воды артезианских бассейнов. В настоящее время из разведанных эксплуатационных запасов артезианских вод используется всего 1,1%.

В результате сравнительной оценки разведанных месторождений подземных вод по промышленной их значимости в соответствии с предложенной Н. И. Плотниковым (1966 г.) классификацией разведанные месторождения подземных вод Восточного Казахстана распределяются на три класса (табл. 19). При этом в табл. 19 включены месторождения с эксплуатационными запасами не менее 15 тыс. *м*^{3}*/сутки*. При определении классности учитывались: качество воды, условия зон санитарной охраны, а также удаленность потребителя и степень сложности строительства водозабора.

Таблица 19

Классификация месторождений подземных вод по Н. И. Плотникову

Класс	Характеристика выделенного класса	Количество месторождений	Наименование месторождений
I	Исключительно ценные крупные промышленные месторождения, позволяющие эффективно решать проблемы централизованного водоснабжения	11	Иртышское левобережное, Пионерский остров, Ульбинское, Верхне-Согринское, Нижне-Согринское, Атамановский остров, Осочихинское, Шемонаихинское, Глубоковское, Смыска, Аягузское
II	Месторождения повышенной промышленной ценности, позволяющие менее эффективно решать проблемы централизованного водоснабжения крупных объектов	12	Октябрьское, Конденсаторное, Громатушинское, Ленногорское, Больше-Нарымское, Николаевское, Красноярское, Георгиевское, Кокпектинское, Зайсанское и др.
III	Месторождения, имеющие небольшую промышленную ценность и эффективность при решении проблемы централизованного водоснабжения крупных объектов	10	Защитинское, Карьерное, Убинское, Акжарское, Рулихинское, Белогорское, Ново-Таубинское, Первомайское, Бель-Агачское, Асубулакское

Восточный Казахстан, особенно Рудный Алтай, обладает широко развитой речной сетью; несмотря на это, подземные воды здесь широко используются, о чем свидетельствует табл. 19. К I классу отнесено 11 крупных месторождений, имеющих большое значение для водоснабжения основных промышленных центров Восточно-Казахстанской и Семипалатинской областей. Все месторождения приурочены к аллювиальным песчано-гравийно-галечным образованиям. Условия строительства и эксплуатация водозаборов простые. По сумме баллов они соответствуют I классу.

Ко II классу отнесено 12 месторождений, все они приурочены к аллювиальным песчано-галечным отложениям. Эти месторождения имеют значительную ценность, так как в ряде случаев являются основным и часто единственным источником водоснабжения крупных промышленных объектов, городов и районных центров.

Месторождения, имеющие небольшую промышленную ценность, в основном приурочены к аллювиальным отложениям, и только три из *них — Ново-Таубинское, Белогорское и Первомайское — к пролювиально*-делювиальным отложениям и открытой трещиноватости скальных палеозойских пород.

В табл. 19 включены наиболее крупные разведанные месторождения подземных вод. Однако наряду с этим на описываемой территории пробурены, оборудованы фильтрами и насосами сотни водозаборных скважин для различных предприятий. Достаточно сказать, что только для пионерских лагерей, школ, санаториев и больниц устроено более 20 скважинных водозаборов с суммарным дебитом до 17 000 *м*³/*сутки*. С повышением требований к питьевой воде каждая организация стремится решить питьевое водоснабжение за счет подземных источников, наименее подвергнутых загрязнению.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Питьевое водоснабжение сельского хозяйства, так же как и промышленных центров, основывается преимущественно на подземных водах. Поверхностные воды используются только для орошения полей и водопоя скота. Там же, где нет поверхностных источников, подземные воды используются для водопоя скота.

Условия водоснабжения в различных административных районах описываемой территории крайне разнообразные. В Рудном и Южном Алтае, на Калбе, в Сауре и Тарбагатае (Шемонаихинский, Серебрянский Глубоковский, Зыряновский, Больше-Нарымский районы) благодаря обилию атмосферных осадков и *расчлененности рельефа* трещинные воды, выходя на поверхность, образуют массу родников, формирующих многочисленные реки, являющиеся притоками р. Иртыша. Основное сельскохозяйственное водоснабжение базируется на поверхностных водах и только питьевое водоснабжение центральных усадеб совхозов, их отделений и крупных населенных пунктов с пищевыми предприятиями (молокозаводы, консервные цехи) организовано за счет подземных вод, менее подверженных загрязнению. Обычно отмеченные хозяйства располагаются в долинах рек, где грунтовые воды аллювиальных гравийно-галечных отложений каптируются колодцами и скважинами глубиной 20—30 *м*. Дебиты водозаборных скважин колеблются от 5—6 до 10—15 *л/сек*. Воды аллювиальных отложений используются совхозами, расположенными в долинах рек Бухтармы, Ульбы, Убы и их притоков.

Водоснабжение объектов, удаленных от речных долин, в большинстве случаев осуществляется трещинными водами разновозрастных палеозойских пород. Дебиты скважин в зоне выветривания скальных пород варьируют в пределах 0,5—1,5 *л/сек*, в зонах тектонических нарушений расход скважин увеличивается до 4—6 *л/сек*.

В летний период водопой скота осуществляется из открытых водотоков, зимой же все чаще применяется централизованное водоснабжение из подземных источников.

В самых неблагоприятных условиях в смысле обеспеченности источниками водоснабжения находятся Абаевский, Чубартауский, частично Бородулихинский и Жана-Семейский районы Семипалатинской области. Они расположены в степной засушливой зоне с редкой речной сетью, вода в которой бывает только в период паводков. Редкие озера, плесы в некоторых реках и грунтовые воды обладают высокой минерализацией, поэтому вода зачастую непригодна для питья .

Немногочисленные объекты сельского хозяйства в большинстве случаев располагаются в речных долинах, где для хозяйственно-питьевых целей грунтовые воды четвертичных аллювиальных отложений каптируются с помощью колодцев и неглубоких скважин. Дебит скважин в зависимости от мощности и литологического состава вмещающих пород варьирует от 0,5—1 до 2,5—4 *л/сек*. Воды аллювиальных отложений используются для водоснабжения совхозов.

Водоснабжение объектов, удаленных от речных долин, осуществляется за счет трещинных вод палеозойских и допалеозойских пород, имеющих широкое распространение, но характеризующихся весьма слабой водообильностью. Дебиты скважин находятся в пределах десятых долей литра в секунду, в связи с чем многие хозяйства слабо обеспечены водой.

Только в области питания на участках развития мелкосопочника (Чингизские горы) и низкогорного рельефа, а также в зонах тектонических нарушений водообильность пород несколько выше. Дебит скважин, пробуренных в наиболее благоприятных условиях, достигает 1,5—3 *л/сек,* в редких случаях 4—5 *л/сек.*

В ряде случаев при отсутствии других более перспективных источников водоснабжения для небольших объектов используются воды спорадического распространения делювиально-пролювиально-элювиальных отложений, которые каптируются неглубокими колодцами, имеющими расход не более 0,2—0,4 *л/сек.*

За период с 1954 по 1967 гг. Казахским гидрогеологическим трестом и Восточно-Казахстанским геологическим управлением, организациями треста Казводстрой, КазГИИЗ для целей хозяйственного водоснабжения, обводнения пастбищ и оазисного орошения пробурено большое количество поисковых, поисково-разведочных и эксплуатационных скважин, из которых большинство оборудованы водоподъемными средствами и переданы совхозам в эксплуатацию. По данным областных управлений мелиорации и водного хозяйства на территории Восточно-Казахстанской и Семипалатинской областей для водоснабжения сельского хозяйства эксплуатируется 1243 скважины, 2645 колодцев и множество родников. Суммарное водопотребление подземных вод в сельском хозяйстве с учетом сезонного использования родников составляет примерно 3,1 $м^3/сек$, из которых для нужд водоснабжения приходится 2,2 $м^3/сек$.

Для водоснабжения отдельных совхозов, их отделений и ферм разведано более 45 водозаборов с производительностью более 3 *л/сек* и общими эксплуатационными запасами 54 000 $м^3/сутки$.

Глава XIII

ОХРАНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Загрязнение подземных вод. Как уже указывалось, подземные воды являются основным источником водоснабжения сельскохозяйственных объектов, населенных пунктов и частично промышленных предприятий. В городах, поселках и районах развитой промышленности, водоснабжение которых базируется на использовании подземных вод древних долин, основное применение получили крупные водозаборы инфильтрационного типа. Качество воды в них в значительной мере определяется качеством поверхностных вод. В верховьях рек поверхностные воды чистые, пресные, бедны йодом и фтором, в паводковый период они несут большое количество механической взвеси.

Истощение запасов подземных вод наблюдается в районах горнорудных предприятий с интенсивным шахтным водоотливом на сравнительно малых площадях, например на Центральном и Юго-Восточном участках Белоусовского, на западе Лениногорского и востоке Зыряновского рудных полей. Большая сработка запасов подземных вод на значительную глубину учитывалась при составлении проектов отработки руд и не осложняет организации водоснабжения. Влияние депрессионных воронок ограниченно и не распространяется обычно больше чем на 1,5—2,7 *км,* максимум (по расчету Зыряновского месторождения) 2,9—5,2 *км.* Сработанные запасы в районе месторождений сравнительно легко могут быть восстановлены по прекращении шахтного водоотлива или откачек из дренажных линий.

Охрана подземных вод на значительной части Восточного Казахстана является достаточно актуальной проблемой. К мероприятиям, которые необходимо осуществить для предупреждения загрязнения подземных вод, относятся:

1. Запрещение непосредственного сброса промышленных вод в поверхностные водотоки и проведение систематического контроля за очисткой сточных вод в специальных очистных сооружениях.

2. Систематический контроль органами геологической и санитарной службы за содержанием зон санитарной охраны действующих водозаборов, создание последних при устройстве новых скважинных водозаборов.

3. Вынесение скважинных водозаборов за черту города в тех случаях, когда невозможно создать зону санитарной охраны, либо использование их для технических целей.

В процессе эксплуатации водозаборов должны проводиться периодические наблюдения за уровнем воды, температурой, химическим и бактериологическим составом, изменением дебита водопунктов, а для минеральных лечебных вод, кроме того, за изменением их годового стока и содержанием микрокомпонентов.

4. Согласование с органами здравоохранения и санитарной инспекции мест заложения шахтных и буровых колодцев, особенно в населенных пунктах, в районах развитого животноводства.

Для организации водоснабжения рекомендуется выбирать по возможности водоносные горизонты, перекрытые слоем слабо водопроницаемых пород (суглинков, глин) Необходимо соблюдать правила оборудования эксплуатационных скважин. Места водопоя скота должны быть удалены от шахтных колодцев. В случае использования в качестве источника водоснабжения естественных выходов подземных вод последние должны быть оборудованы каптажными устройствами, необходимо строгое соблюдение зоны санитарной охраны.

Часть четвертая

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Глава XIV

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

При составлении карты инженерно-геологического районирования территории Восточного Казахстана и написании данной главы использованы материалы геологических и гидрогеологических съемок А. А. Григорьева, Е. М. Великовской, Ю. П. Селиверстова, П. Ф. Кандаурова, Б. Б. Варнавских, Г. М. Козловского, И. С. Чумакова и др., а также детальных инженерно-геологических изысканий на небольших площадях.

Территория Восточного Казахстана располагается в пределах трех регионов первого порядка, выделенных по геоструктурному принципу: Западно-Сибирской плиты, Саяно-Алтайской и Центрально-Казахстанской складчатых систем. В основу дальнейшего районирования положен комплекс региональных факторов: геолого-тектоническое строение, геоморфологические и гидрогеологические условия, литологический и петрографический состав пород и др.

С учетом изложенного на описываемой территории выделено шесть регионов второго порядка. Западно-Сибирская плита (I) представлена одним регионом второго порядка — Иртышской впадиной (А), Саяно-Алтайская складчатая система (II) — Алтайским складчатым регионом (Б). В Центрально-Казахстанской складчатой системе выделены: Чингиз-Жарминско-Балхашский складчатый регион (В), Зайсанская межгорная впадина (Г), Саур-Тарбагатайский складчатый регион (Д) и Алакольская межгорная впадина (Е).

Разделение территории на области выполнено по геоморфологическому признаку. На территории Восточного Казахстана выделено восемь областей:

1) область высокогорного денудационно-тектонического рельефа,
2) область среднегорного денудационно-тектонического рельефа,
3) область низкогорного денудационно-тектонического рельефа,
4) область мелкосопочного денудационно-тектонического рельефа,
5) область аккумулятивных равнин на эрозионно-денудационной поверхности мелкосопочника,
6) область аллювиально-пролювиальных аккумулятивных равнин и долин рек,
7) область озерно-аллювиальных аккумулятивных равнин,
8) область озерной аккумулятивной равнины.

I. ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПЛИТА

I-А. ИРТЫШСКАЯ ВПАДИНА

Иртышская впадина является крайней южной частью Западно-Сибирской плиты. В структурном отношении она расположена в центральной части Иртыш-Зайсанской геосинклинали и характеризуется прямолинейной вытянутостью складок палеозойского фундамента в северо-западном направлении и большой мощностью четвертичных отло-

жений. Впадина имеет своеобразный рельеф, сформировавшийся в неогене и четвертичном периоде под влиянием рек и оледенений, создавших водно-аккумулятивную равнину. В северо-восточной части поверхность имеет характер увалистого плато Обь-Иртышского водораздела с долинами древнего стока шириной 6—16 *км*, занятыми ленточными борами Абсолютные отметки здесь 240—420 *м* В юго-западном и западном направлениях отметки снижаются до 116—134 *м* и поверхность приобретает равниный характер.

В геологическом строении впадины выделяются два структурных этажа герцинский и альпийский. Первый сложен породами терригенной (песчаники, алевролиты, сланцы глинистые, углисто-глинистые, песчано глинистые — C_1, C_1—D_3) и интрузивной (граниты калбинского комплекса γP) формаций палеозойского возраста. Второй сложен палеоген-неогеновыми породами красноцветной формации Pg—N (гипсоносные глины с незначительными прослоями глинистых песков и песчано-галечных отложений) и четвертичными отложениями формации предгорных равнин (лессовидные суглинки), межгорных впадин и речных долин (пески, галечники, супеси, суглинки) и полупустынь (пески)

При строительстве на территории данного региона следует учитывать возможность проявления сейсмичности силой до 7—8 баллов и глубину возможного сезонного промерзания грунтов до 3 *м*

II. САЯНО-АЛТАЙСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ СИСТЕМА

II-Б АЛТАЙСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ РЕГИОН

Алтайский складчатый регион занимает северо восточную часть территории Восточного Казахстана, составлял около 30% всей его площади. Регион включает следующие структуры Холзуно Чуйский антиклинорий, расположенный на крайнем востоке региона, Алейский и Синюшинский антиклинории, расположенные на северо-востоке и разделенные Быструшинским синклинорием, и Белоубинский и Калба-Нарымский антиклинории — на юге региона. Алтайский складчатый регион представляет собоч сложно построенную сводовую двухъярусную структуру, сформировачную в течение каледонского и герцинского этапов тектогенеза В регионе развиты породы интрузивной, метаморфической, эффузивно-осадочной, терригенной и терригенно карбонатной формаций палеозойского возраста Рыхлые четвертичные отложения развиты локально в долинах рек и в депрессиях палеозойского фундамента, на остальной территории они перекрывают маломощным прерывистым чехлом породы коренной основы Представлены эти отложения формациями межгорных впадин и речных долин, горных склонов и горного оледенения

Основные горные сооружения региона ориентированы в северо-восточном (хребты Убинский, Ивановский, Ульбинский) и субширотном (хребты Листвяга, Нарымский, Сарымсакты, Азутау, Южный Алтаи и др) направлениях Мощность снежного покрова в горных районах Алтайского региона достигает 3—4 *м*, глубина возможного сезонного промерзания грунтов 0,8—1 *м* Сейсмичность региона 6—7 баллов, в районе с Алексеевка — 8 баллов (см схему сеисмического районирования на карте)

III. ЦЕНТРАЛЬНО-КАЗАХСТАНСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ СИСТЕМА

Регион занимает центральную часть территории Восточного Казахстана, составляя 60% всей его площади, и характеризуется сочетанием высоких и низких горноскладчатых сооружении (хребты Саур-

Тарбагатай, Чингиз) с широко развитыми здесь мелкосопочными равнинами и крупными межгорными впадинами (Зайсанской, Алакольской и др.) В его пределах выделяются следующие регионы второго порядка.

III-В. ЧИНГИЗ-ЖАРМИНСКО-БАЛХАШСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ РЕГИОН

Данный регион включает крупные тектонические зоны: древнюю Чингиз-Тарбагатайскую геоантиклинальную на севере и Джунгаро-Балхашскую геосинклинальную на юге. Большая часть территории входит в Чингиз-Тарбагатайскую антиклинальную зону, отделенную Балхаш-Чингизским глубинным разломом от Джунгаро-Балхашской геосинклинали и Калба-Чингизским глубинным разломом от Иртыш-Зайсанской геосинклинали. В Чингиз-Тарбагайскую зону входят Акчатауский, Чингизский и Аркалыкский антиклинории. В геологическом строении фундамента принимают участие породы докаледонского и каледонского структурных этажей метаморфической формации протерозоя и нижнего палеозоя, сменяющиеся вверх по разрезу породами герцинского структурного этажа эффузивно-осадочной и терригенно-карбонатной формаций палеозой-мезозойского возраста. Кайнозойские отложения, развитые в межгорных впадинах и речных долинах, слагающие альпийский структурный этаж, представлены отложениями красноцветной формации и формации межгорных впадин и мелкосопочника.

Территория этой складчатой области характеризуется глубиной сезонного промерзания грунтов 0,8—1,5 *м*. Сейсмичность региона от 5 баллов на севере до 7 баллов на юге.

III-Г. ЗАЙСАНСКАЯ МЕЖГОРНАЯ ВПАДИНА

Зайсанская межгорная впадина является крупной межгорной депрессией, разделяющей горные сооружения Алтая и Тарбагатая. В геоморфологическом отношении она представляет собой обширную равнину, вытянутую в северо-западном направлении и характеризующуюся пустынным и полупустынным ландшафтом. Границы впадины четко отбиваются на севере по южным отрогам Нарымского, а на юге по северным отрогам Тарбагатайского хребтов, обрывающихся к равнине уступами высотой 200—400 *м*. На западе впадина ограничена отрогами Калбинского хребта, границы ее здесь нечеткие. В центре впадины расположено оз. Зайсан (перекрытое Бухтарминским водохранилищем), берега его открытые, плоские и лишь на северо-востоке резко поднимается возвышенность Чакельмес.

Зайсанская впадина состоит из двух структурных этажей: сложнодислоцированного палеозойского фундамента и осадочного покрова мезозойско-кайнозойских отложений. Нижний этаж слагают породы интрузивной, эффузивно-осадочной и терригенной формаций, представленные гранитами, гранодиоритами, туфами, туфобрекчиями, песчаниками, алевролитами и сланцами. Верхний структурный этаж начинается с красноцветной формации мел-палеоген-неогена (алеврито-глинистая толща). На большей части территории распространены четвертичные отложения. В центральной части развиты отложения формации межгорных впадин, на периферии — формации предгорных равнин. Первая представлена валунно-галечными и песчаными отложениями, обводненными уже с глубины 1,5—4 *м*, вторая — валунно-щебенистыми и суглинисто-щебенистыми отложениями с более глубоким залеганием грунто-

вых вод Незначительное распространение (Акжон, Айгыр-Кум и другие участки) имеют отложения полупустынной формации, представленные бугристыми и барханными песками.

Зайсанский регион характеризуется широким и мощным развитием рыхлых четвертичных отложений, неглубоким залеганием грунтовых вод и глубоким сезонным промерзанием пород (1,25—2,25 *м*) Максимальная глубина промерзания 3 *м* Сейсмичность региона 6 баллов на севере и до 7 баллов на юге.

III-Д САУР-ТАРБАГАТАЙСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ РЕГИОН

Данный регион занимает промежуточное положение между существенно различными складчатыми структурами Алтая и Джунгарии и включает систему хребтов Тарбагатая, Манрака, Саура и Сайкана вместе с Чиликтинской и Кендерлыкской межгорными впадинами. В геоструктурном отношении он находится на сопряжении двух крупных геосинклиналей Иртыш-Зайсанской и Джунгаро-Балхашской Хребет Саур и его западные отроги (хребет Манрак) расположены в пределах юго-западной краевой зоны Иртыш-Зайсанской геосинклинали. С юга и юго-запада к хребту Саур подходят структуры Джунгарского Алатау и хребтов пограничной Джунгарии с характерным северо-восточным простиранием

Хребет Саур является узловым районом, где отмечается скрещивание двух резко отличных генеральных направлении одновозрастных структурных элементов северо-западного — алтаиского и северо-восточного — джунгарского. Основной структурной единицей западнои части региона является Тарбагатайский антиклинорий Описываемыи регион представляет собой многоэтажное складчато-блоковое сооружение, сформировавшееся в течение герцинского и альпийского этапов тектогенеза. Преимущественное развитие в регионе имеют породы интрузивной и эффузивно-осадочной формаций палеозойского возраста, слагающие герцинский структурный этаж. Горизонтально залегающие кайнозойские отложения альпийского структурного этажа развиты локально, выполняя долины рек и межгорные впадины.

Для региона характерна небольшая глубина сезонного промерзания пород (0,8—1 *м*) и сейсмичность 6—7 баллов.

III-Е. АЛАКОЛЬСКАЯ МЕЖГОРНАЯ ВПАДИНА

Алакольская межгорная впадина расположена в пределах Баканасского синклинория, сформировавшегося на месте краевого прогиба Джунгаро-Балхашскои герцинской геосинклинали. В геоморфологическом отношении это пустынная и пустынно-степная равнина, на поверхности которой разбросаны отдельные, резко поднимающиеся возвышенности, являющиеся предгорьями замыкающих горных систем Саур-Тарбагатая на севере и Джунгарского Алатау на юге. В геологическом строении региона принимают участие породы интрузивной и эффузивной формаций палеозойского возраста Четвертичные отложения альпийского структурного этажа, представленные формациями предгорных равнин и межгорных впадин, мелкосопочника и полупустынь, сложены главным образом аллювиальными, пролювиальными, озерными и эоловыми генетическими типами Глубина сезонного промерзания пород в регионе 1—3 *м*, сейсмичность 6—7 баллов.

Описанные горноскладчатые регионы характеризуются преимущественным развитием областей горного и мелкосопочного рельефа, а ре-

гион межгорных впадин — областей аккумулятивных и эрозионно-аккумулятивных равнин.

Ниже дается характеристика областей, выделенных на территории Восточного Казахстана.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Область высокогорного денудационно-тектонического рельефа (1) расположена в восточной части Алтайского складчатого региона и на юго-востоке Саур-Тарбагатайского региона. В первом она занимает центральную часть хребтов Сарымсакты, Южный Алтай, Курчумского, Тарбагатайского и Ивановского и Россыпного, располагаясь на абсолютных отметках выше 2000 *м*. Во втором она охватывает центральную часть хребта Саур и северо-западные отроги гор Чаган-Обо, представляющих собой асимметричное сводовое поднятие с абсолютными отметками от 2100—2700 *м* на западе до 3500—3700 *м* на востоке.

Область характеризуется островершинным крутосклонным сильно расчлененным рельефом и занимает самое высокое положение в вертикальном орографическом профиле горной страны. Морфологически — это сложная система островершинных гор и зубчатых гребней с крутыми скалистыми склонами, в нижней части с многочисленными осыпями. Поверхности склонов выпуклые, долины рек имеют ущельевидный профиль, глубина эрозионного вреза 600—1400 *м*. Своеобразный облик высокогорной части хребта Саур подчеркивается распространенными здесь снежными полями, покрывающими плоские куполообразные вершины водоразделов, и ледниками. Микроклиматические условия обусловили незначительное по размерам современное оледенение, сосредоточенное в основном на северных склонах горы Мустау (ледяная гора). Снеговая линия лежит на высоте 3300 *м*, нижняя граница ледниковых языков — 3300—3500 *м*. Повсеместно в области на высотах более 1800—2000 *м* наблюдаются следы древних оледенений в виде троговых долин, конечных моренных валов, моренных и флювиогляциальных террас, карров и следы современных процессов нивации и солифлюкции. Широко развиты в области процессы морозного выветривания, приводящие к снижению прочности и разрушению пород; на крутых склонах в результате тектонической трещиноватости наблюдаются отрыв склонов и глыбовые осыпи.

В области высокогорья преимущественно развиты породы интрузивной и метаморфической формаций. Первая представлена гранитами и гранодиоритами змеиногорского ($\gamma\delta C_3$—P_1) и калбинского (γP) комплексов, вторая — метаморфизованными песчано-сланцевыми породами ордовика, слагающими хребты Катунский и Южный Алтаи.

Область среднегорного денудационно-тектонического рельефа (2) находится в пределах Алтайского и Саур-Тарбагатайского складчатых регионов. В первом она включает систему хребтов Ульбинского, Тигирецкого и центральные части хребтов Листвяга, Курчумского и Уш-Кур-Мын-Кер, располагаясь на абсолютных высотах ниже 2000 *м*. В Саур-Тарбагатайском регионе область среднегорья охватывает водораздельную часть хребта Тарбагатай, северный и северо-западный склоны хребта Саур, водораздельную часть хребта Сайкан и Кендерлыкскую мульду. Область характеризуется абсолютными высотами до 2000—2300 *м* и относительными превышениями от 300—500 до 1000 *м*.

Рельеф среднегорной области представляет собой сочетание остроконечных вершин с крутыми (25—30°), часто скалистыми склонами и поверхностей выравнивания с мелкохолмистым рельефом. Формы рельефа носят следы новейших тектонических поднятий. Поверхность склонов выпуклая в поперечном профиле и характеризуется интенсивным развитием обвалов, осыпей и селей. Поверхности выравнивания носят мелкосопочный облик. Холмы достигают высоты 50—100 *м*, склоны пологие, вершины большей частью плоские и округлые. Абсолютные высоты поверхностей выравнивания 1200—1700 и 2000 *м*. Долины рек южных склонов глубокие, крутосклонные, часто переходящие в ущелья. Продольные уклоны долин крутые, встречаются пороги и небольшие водопады. Днища долин загромождены крупноглыбовыми осыпями. Рельеф северных склонов несколько спокойнее и мягче. Долины рек в пределах поверхностей выравнивания плоские и широкие, почти не врезанные.

Для среднегорной области характерна интенсивная эрозионная деятельность, следы которой отмечаются в бассейне р. Малой Ульбы, в придолинной части р. Громатухи, в междуречье Белой и Черной Убы, на южных склонах Тигирецкого хребта, в бассейнах рек Хамира, Большого и Малого Тургусуна. Кендерлыкская мульда пересекается в широтном направлении глубоким ущельем р. Кендерлык, которая характеризуется типично горным характером и максимальным расходом 234 $м^3/сек$. В Кендерлыкской котловине сохранились следы оледенения в виде ледниковых террас. Область среднегорного рельефа характеризуется преимущественным распространением пород интрузивной, метаморфической и эффузивно-осадочной формаций. Интрузивная формация представлена гранитами калбинского (γP) комплекса и гранитами, гранодиоритами и мелкими телами габброидов змеиногорского ($\gamma\delta C_3—P_1$) комплекса. Метаморфическая формация представлена метаморфизованными песчано-сланцевыми породами ордовика и метаморфическими сланцами пугачевской и кыстав-курчумской свит верхнего и среднего девона; эффузивно-осадочная — вулканогенными породами култабарской (D_2e) и балгынской (C_1) свит, слагающими хребты Холзунский, Сарымсакты и Южный Алтай.

Область низкогорного денудационно-тектонического рельефа (3) расположена в пределах всех трех складчатых регионов на абсолютных отметках от 800 до 1200—1500 *м*. В Алтайском регионе она включает большую часть территории Рудного Алтая, Центральную Калбу и юго-западную часть Нарымского хребта; в Саур-Тарбагатайском регионе — северные склоны хребтов Тарбагатай, Манрак, Сайкан и Саур. В Чингиз-Жарминско-Балхашском регионе область низкогорья имеет незначительное распространение в северо-восточной и центральной частях, включая скалистые горы Ордатас, грядово-увалистое и грядово-гривистое низкогорье хребтов Кан-Чингиз и Акшатау, всхолмленное плато гор Машоны и хребта Чингиз-Тау, а также отроги Тарбагатая и горы Кокунтау.

В низкогорной области Чингиз-Жарминско-Балхашского региона преимущественное распространение имеют породы протерозойского, кембрийского, ордовикского и силурийского возраста метаморфической формации. Это метаморфические сланцы, кварциты, яшмы и яшмокварциты, роговики, гнейсы и мраморизованные известняки. В низкогорье Алтайского региона развиты породы терригенной и терригенно-карбонатной формаций лагунно-морского и морского генезиса верхнего девона и нижнего карбона (песчаники, алевролиты, сланцы и известняки). На территории Центральной Калбы распространены граниты калбинского комплекса (γP) интрузивной формации.

Характер рельефа области низкогорья определяется литологическим составом слагающих ее пород. На сланцево-песчаниковых толщах формируется неглубоко и равномерно расчлененный низкогорный рельеф, местами переходящий в мелкосопочник, на породах эффузивно-осадочной формации возникает волнисто-грядовый неравномерно расчлененный рельеф. Более устойчивые к выветриванию массивные эффузивы образуют гряды, отдельные высоты и группы высот, значительно возвышающиеся над широкими долинами, образовавшимися в местах выхода менее прочных осадочных пород; гранитоидные массивы характеризуются матрацевидной отдельностью и сглаженными мягкими очертаниями водоразделов.

Область мелкосопочного денудационно-тектонического рельефа (4) занимает большую часть Чингиз-Жарминско-Балхашского региона и предгорья Рудного Алтая и Калбинского хребта.

Формирование области связано с новейшими тектоническими поднятиями четвертичного времени и последующим интенсивным эрозионным расчленением территории. Рельеф области характеризуется большим разнообразием типов. Наиболее широко распространен холмисто-увалистый рельеф, развитый на различных по возрасту (от кембрия до карбона) породах эффузивно-осадочной формации. Длина увалов 50—200 *м*, очертания их в плане линейные. С увеличением относительных превышений крутизна склонов увеличивается от 5—10 до 20—40° и пологоувалистый мелкосопочник приобретает грядовый или холмисто-грядовый, гривисто-увалистый, грядово-увалистый и увалисто-куполовидный облик. Абсолютные высоты мелкосопочника изменяются от 450 до 1000 *м*. Пологоувалистый мелкосопочник островного типа расчленен плоскими широкими логами; относительные превышения колеблются от 10—20 до 100 *м*. В увалисто-куполовидном и гривисто-куполовидном мелкосопочнике широко развиты каньоны, антецедентные участки долин и перехваты.

Северо-восточнее хребтов Кан-Чингиз и Жарминского развит рельеф с сопками конической формы (рельеф «шоку»). Это высокие (от 50—70 до 150—120 *м*) останцовые формы рельефа с крутизной склонов 18—20°. Он отличается как бы беспорядочно расположенными сопками, имеющими коническую форму с округлыми очертаниями в плане. Из мелкосопочных типов рельефа, развитых на гранитоидах, своеобразным распределением глыб и валунов, осевших на склонах, выделяется рельеф «койтас» («овечий камень»). Абсолютные отметки рельефа от 860 до 1000 *м*, а относительные превышения 50—100 *м*. Вершины сглаженные, имеют выпуклую форму и лишены рыхлого покрова.

В области значительное распространение имеют денудационные равнины, окаймляющие мелкосопочник. Поверхность их характеризуется большей или меньшей волнистостью. Относительные превышения холмов и увалов 10—20 *м*, углы наклона 4—6, реже 10°. Абсолютные отметки равнин 450—720 *м*. Равнины перекрыты чехлом песчано-суглинистых и щебенистых отложений незначительной мощности. Широко развиты ложбины стока, образующие довольно густую гидрографическую сеть.

В области мелкосопочника преимущественное распространение имеют породы терригенной и эффузивно-осадочной формаций морского генезиса верхнего девона и нижнего карбона и терригенно-карбонатной формации морского генезиса нижнего карбона. Несколько менее распространены гранитоиды калбинского комплекса (γP) интрузивной формации.

Область аккумулятивной равнины на эрозионно-денудационной поверхности мелкосопочника (5) расположена на территории Восточного Казахстана. В Алтайском складчатом регионе она занимает предгорную равнину Рудного Алтая, на западе смыкающуюся с равнинами Кулунды и Прииртышья. Морфологически — это пологохолмистая, волнистая равнина, среди которой возвышаются отдельные сопки и группы сопок, а местами и гряды невысоких гор, сложенных палеозойскими породами метаморфической, интрузивной и терригенно-осадочной формаций. Гипсометрическое положение равнины характеризуется абсолютными отметками 250—450 *м* при максимальном превышении отдельных сопок и гряд до 200—300 *м*.

Формы сопок и низких гор определяются составом слагающих пород: в междуречье Иртыша и Убы, сложенном метаморфизованными породами Иртышской зоны смятия, они характеризуются гребневидными водоразделами и заостренными вершинами, со склонами, рассеченными сухими крутосклонными логами. Отдельные сопки и гряды в междуречье Убы и Ульбы, сложенные осадочными образованиями, имеют уплощенные формы и полого расчленяются. Наиболее широко распространены кайнозойские отложения, мощность которых в районах междуречий обычно не превышает 3—10 *м*, а в районах Бобровской и Березовской депрессий и в переуглубленных участках долин рек Красноярки и Глубочанки она достигает 100—150 *м*.

В Чингиз-Жарминско-Балхашском складчатом регионе аккумулятивно-эрозионные равнины прослеживаются в центральной части (урочища Шукур-Кокбек, Майбулак, Пишентей). Поверхность их плоская, иногда осложненная наличием останцов и системой мелких рек, обычно не имеющих постоянного водотока. В северо-восточной части наблюдаются эрозионно-дефляционные впадины и узкие ложбины стока с крутыми склонами, рассматривающиеся как эрозионные уступы. Ширина равнин 1,5—8 *км*. Абсолютные отметки 530—700 *м*. Поверхность наклонена к югу под углом 1—5°. Местами наблюдается наклон от краев к центру, где располагаются ложбины плоскостного стока и русла временных водотоков глубиной до 2 *м*. В наиболее пониженных частях образуются такыры и солончаки, небольшие западины и блюдцеобразные понижения.

Степень расчлененности равнины увеличивается на юг в направлении оз. Балхаш. Положительные формы рельефа в виде холмов и увалов с мягкими сглаженными очертаниями встречаются редко и имеют небольшие относительные превышения (не более 5—50 *м*). Равнины сложены делювиально-пролювиальными верхнечетвертичными отложениями формаций предгорных равнин и мелкосопочника мощностью от 3—5 *м* на периферии до 15—30 *м* в центральной части равнины. Четвертичные отложения с размывом залегают на палеоген-неогеновых глинах красноцветной формации или на палеозойских породах.

В пределах Саур-Тарбагатайского складчатого региона к области преимущественного развития аккумулятивно-эрозионных равнин приурочена Чиликтинская впадина, окруженная высокими хребтами системы Саур-Тарбагатая. Северная часть впадины представляет собой ровную степь, на юге она осложнена широкими и плоскими увалами. Середину впадины занимает обширное болотистое урочище Кызыл-Чилик, окруженное солончаками. Из него берет начало р. Кандысу. Впадина выполнена делювиально- и аллювиально-пролювиальными средне-верхнечетвертичными отложениями формации межгорных впадин. Мощность отложений в конусе выноса р. Чаган-Обо достигает 100 *м*, в центральной части впадины (урочище Кызыл-Чилик) резко сокращается

до 2—3 *м*. Подстилаются четвертичные отложения алеврито-глинистыми породами красноцветной формации палеоген-неогена.

В Алакольской и Зайсанской межгорных впадинах пологоувалистая эрозионно-аккумулятивная равнина верхнечетвертично-современного возраста сформировалась на плоских конусах выноса рек и ручьев, стекающих с окружающих хребтов (реки Тасты и Чаган-Тогай, Тебезге, Темерсык, Уйдене и др.). Равнина наклонена к озерам Алаколь или Зайсан. С удалением от гор уклон заметно уменьшается и приозерная часть равнины почти горизонтальная. Не исключено, что эта часть конусов выноса формировалась в прибрежной части озера и имеет смешанное озерно-аллювиальное происхождение. Рельеф равнины пологоволнистый за счет расчленения неглубокими старицами и руслами временных потоков.

Современные русла рек врезаны в поверхность равнины у выхода из гор на 5—8 *м*, но с удалением от гор глубина вреза быстро уменьшается. Сложена равнина вблизи гор преимущественно делювиально-пролювиальными отложениями формации предгорных равнин. Пологоувалистая лёссовая эоловая равнина протягивается широкой полосой вдоль подножия южного склона хребта Тарбагатай. Характернейшей чертой рельефа лёссовой равнины является широкое развитие длинных (до 1 *км* и более) плоскостных увалов широтного направления. Высота их не превышает 40—50 *м*, ширина достигает 200—300 *м*, а крутизна склонов до 20°. В южной части равнины увалы крупные, очертания их более простые, склоны пологие (до 10°). Своеобразными микроформами лёссовой увалистой равнины являются суффозионные просадки — воронки и блюдца.

На территории Западно-Сибирской плиты область эрозионно-аккумулятивной равнины занимает водораздельную часть крупных вытянутых в северо-восточном направлении грив степного плато Обь-Иртышского междуречья. На западе и юге она смыкается с озерно-аллювиальными равнинами Кулунды, к северу выходит за пределы границ региона и с востока замыкается предгорьями Алтая. Пологие холмы и увалы обычно отмечаются в местах неглубокого залегания палеозойского фундамента. Последний в ряде случаев выходит на поверхность, образуя единичные невысокие сопки (останцы), возвышающиеся над окружающей равниной на 30—40 *м*. Поверхность равнинной части повсеместно образована толщей лёссовидных суглинков, реже супесей. Абсолютные отметки ее снижаются к северу и югу от 420 до 240 *м*. В средней части равнина расчленена долиной древнего Алея, а затем подверглась озерной абразии. Долина древнего Алея выражается в рельефе полосой «боровых» песков, слагающих барханно-бугристую гряду юго-западного направления. Эта гряда шириной 6—8 *км* возвышается над местностью на 15—25 *м* в виде цепочки холмов и барханов, поросших сосновым бором.

В целом рассматриваемая область представляет собой единую обширную степную равнину. Процессы эрозии, суффозии и засолонения обусловили осложнение равнины оврагами, балками и суффозионными западинами. Глубина вреза оврагов и балок до 10—15 *м* при длине до 2—3 *км*. Суффозионные западины (овальные понижения, ограниченные пологими склонами, с глубиной просадки пород 2—3 *м*) образованы за счет выноса солей и просадки лёссовидных суглинков. Поверхностные водотоки в области отсутствуют. Имеется ряд озер удлиненной формы, расположенных цепочками вдоль «ленточных боров».

Область аллювиально-пролювиальных аккумулятивных равнин и долин рек (6) находится в межгорных впадинах Алакольской, Зайсанской и Иртышской. В первых двух она

сформировалась в результате слияния континентальных дельт мелких рек, стекающих с хребтов Тарбагатая, Манрака и Сайкана. Поверхность равнины плоская, с едва заметным уклоном к центру депрессии, в предгорьях переходящая в пологоволнистую. Абсолютные отметки изменяются от 395 до 600 *м*. На участках близкого залегания грунтовых вод распространены солончаки. Плоскую поверхность осложняют бессточные и открытые впадины, занятые озерами или заболоченные, вблизи массивов эоловых песков наблюдаются блюдца и отдельные песчаные бугры. В поверхность континентальных дельт врезаны долины современных рек Буконь, Кокпекты, Бугаз, Базарка, Джеменей, Каракол, Урджар и др. Наиболее отчетливо в долинах выделяется пойма шириной от 20 до 200 *м* с высотой над урезом воды 1—1,5 *м*. Полосой шириной от 30 до 250 *м* прослеживается первая надпойменная терраса с превышением над поймой 1—2 *м*. Вторая надпойменная терраса прослеживается в долинах рек Кокпекты и Терсайрык. Ширина ее более 50 *м*, высота уступа 2—6 *м*. В долине р. Бугаз хорошо выражены третья и четвертая надпойменные террасы. Поверхность их плоская, слабо наклоненная в сторону реки, со следами древних русел.

В пределах Западно-Сибирской плиты аллювиально-пролювиальная равнина верхнечетвертичного и современного возраста занимает южную наиболее пониженную часть Иртышской впадины и включает современную долину р. Иртыша, насчитывающую четыре-пять аккумулятивных террас. Современная пойма р. Иртыша — это низкая заболоченная и засоленная равнина с многочисленными старицами и озерами. Высота высокой поймы над урезом воды 4—6 *м*, низкой 1,5—2 *м* при ширине 1—2 *км*. Первая надпойменная терраса не имеет широкого развития и характеризуется плоским рельефом. Ширина ее 2—3, иногда 9—10 *км*, бровка четкая. Высота над урезом воды 6—8 *м*. Закраина террасы заболочена, поверхность ее местами перекрыта делювием-пролювием эрозионных логов. Вторая надпойменная терраса распространена по обоим берегам. Поверхность ее слабо увалистая и характеризуется пологим наклоном к р. Иртышу и вниз по течению.

Третья надпойменная терраса развита в виде узких останцов, поверхность ее незаметно переходит в мелкоувалистый рельеф коренного склона долины. Высота террасы 25—35 *м*. В пределах складчато-глыбовых структур аллювиально-пролювиальная равнина занимает небольшие площади. Это долины крупных и мелких рек и межгорные впадины: Лениногорская, Зыряновская, Нарымо-Бухтарминская, Бобровская и др., реки Иртыш, Уба, Ульба, Чар, Карасу, Киндыкты, Акжал, Ащису, Чаган, Баканас, Аягуз и Тентек и их междуречья, а также Чиликтинская и Георгиевская впадины.

Главной водной артерией является р. Иртыш. Долину ее по геоморфологическим условиям можно разделить на три характерных участка. Первый участок охватывает долину между устьем р. Курчум и р. Бухтарма. Долина здесь имеет асимметричное строение, хорошо разработана с четко выраженными шестью аккумулятивными террасами. После заполнения Бухтарминского водохранилища низкие террасы были затоплены и лишь кое-где сохранились останцы второй надпойменной террасы. Ниже с. Баты помимо второй и третьей аккумулятивных террас выделяется комплекс более высоких террас: четвертая высотой 60—70 *м*, пятая — 100—120 *м* и шестая — около 200 *м*. Ширина долины в этом участке местами достигает 15—20 *км*.

Второй участок расположен ниже устья р. Бухтармы до г. Усть-Каменогорска. Долина здесь резко сужена до 250—400 *м*, ограничена горами Рудного Алтая и Калбы. Часто река течет в ущельях со скалистыми обрывами высотой до 300—400 *м*. Третий участок долины начи-

нается от переката «Семь братьев» и вниз по течению характеризуется широким развитием террас. Наибольшая ширина террас приурочена к дер. Бурнашево, где она превышает 2 *км* при общей ширине долины 10 *км*. Русло реки дробится на многочисленные рукава. В долине выделяются низкая пойма высотой 2—3 *м* с озерами и старицами и высокая пойма высотой 3—5 *м*, с которой сливается первая надпойменная терраса высотой 5—10 *м*, более четко выраженная в устьевых частях рек Убы, Ульбы и др. В нижней части склонов на значительных участках прослеживается вторая надпойменная терраса, сложенная лёссовидными суглинками. Поверхность ее постепенно переходит в склон долины, а в сторону реки она обрывается уступом высотой 10—20 *м*.

Долины правых притоков р. Иртыша в верховьях узкие, ущельевидные, без террас. В среднем и нижнем течении хорошо разработаны. Долина р. Убы ниже с. Верх-Убинского образует несколько колен. Ширина долины по низу 3 *км*. Высота низкой поймы 2 *м*, высокой — 3 *м*, первая надпойменная терраса выражена нечетко. Для долины р. Ульбы характерно чередование резко суженных и расширенных участков. В местах расширения долин отчетливо наблюдаются пойменные и первая надпойменная террасы высотой 3 и 5 *м* над урезом воды. Вдоль левого борта долины развиты предгорные шлейфы, возвышающиеся 10—20-метровыми уступами над первой террасой. Ниже устья р. Малой Ульбы прослеживается комплекс высоких террас. Наиболее высокая четвертая терраса отмечена на высоте 40 *м*, вторая и третья — соответственно на высотах 13—20 и 20—30 *м* над урезом воды. Площадь их развития ограниченна.

Долина р. Бухтармы также имеет неоднородное строение. В верхнем течении реки долина широкая (6—7 *км*) с крутыми склонами и плоским дном. В среднем течении — крутосклонная, ущельевидная, ширина ее варьирует от 800 до 100—200 *м*. Отмечаются узкие полосы поймы и отдельными останцами — низкие террасы. Ниже впадения р. Березовки долина р. Бухтармы опять расширяется. Низкая и высокая поймы высотой соответственно 0,5—1 и 2 *м* развиты повсеместно, достигая ширины 4—5 *км* (пос. Черновая). Первая надпойменная терраса высотой 2—4 *м* образует несколько небольших участков. Вторая терраса высотой 6—8 *м* не везде выражена в рельефе. Бровка террасы часто разрушена. Третья терраса высотой 12—15 *м* широко развита по правобережью долины и в пределах Нарымо-Бухтарминской впадины, на других участках — локально. Ширина террасы в пределах впадины 2,5—3 *км*, в ущельях 100—300 *м*; четвертая надпойменная терраса высотой 20—25 *м* наблюдается почти повсеместно. Пятая терраса высотой 40—50 *м* и шириной до 2 *км* хорошо прослеживается у поселков Печи — Черновая. Большей частью она аккумулятивная, местами скульптурная. Шестая терраса высотой около 80 *м* выражена нечетко на правом берегу р. Черновой. Седьмая терраса р. Бухтармы прослежена у пос. Черновая в виде эрозионных останцов с выровненной поверхностью. Высота террасы 120—150 *м*.

Река Нарым течет в широкой долине в западной части Нарымо-Бухтарминской впадины. В долине реки развиты первая и вторая надпойменные террасы высотой соответственно 2—3 и 7—10 *м*. Ширина террас 1—3 *км*. Долина р. Курчум в верховьях крутосклонная, ущелистая; склоны иногда отвесные. Врез реки изменяется от 300—400 до 600—700 *м*, ширина 100—300 *м*. Долина изменена ледниковыми процессами, имеет трогообразный характер и, как правило, лишена террас. Такое же строение имеет долина р. Аккабы. Долина р. Каракабы имеет сложное строение. Верховья ее, приуроченные к широтному прогибу, видоизменены ледником, дно выстлано мореной. Среднее течение

располагается в Бобровской впадине. Ширина долины здесь 8—10 *км*. Отмечается несколько (до десяти) террасоподобных поверхностей высотой от 3—4 до 100—220 *м*. В нижнем течении долина ущельеобразная.

Долина р. Кальджир носит антецедентный характер (образовалась раньше, чем горы) и имеет две скульптурно-аккумулятивные террасы высотой 3—5 и 12—15 *м*. Наиболее крупным левым притоком р. Иртыша является р. Кызылсу. Долина реки древняя, широкая (3—4 *км*), имеет асимметричное строение. Хорошо выражены в долине пойменная терраса высотой 0,5—0,8 *м* и шириной 5—40 *м*, иногда 100 *м*, первая и вторая надпойменные террасы высотой соответственно 1,5—2,5 и 6—8 *м* и шириной 1 и 3—7 *км*. Третья эрозионно-аккумулятивная терраса сохранилась лишь на отдельных участках, высота ее 7—10 *м*.

Долина р. Чар хорошо выработана с четко выраженными тремя надпойменными террасами. Русло достигает ширины 50—70 *м*, низкая пойма имеет ширину 100—200 *м*, высокая — 1 *км* и более с уступом над низкой до 1 *м*. Первая надпойменная терраса имеет ширину 2—3 *км* и высоту 2 *м*, вторая терраса прослеживается на левобережье и фрагментами на правобережье, третья развита по правобережью, имеет четкий уступ с высотой бровки 5—6 *м*, ширина ее 8—10 *км*.

Особое место в области преимущественного развития аллювиально-пролювиальных равнин занимают межгорные депрессии: Лениногорская, Нарымо-Бухтарминская, Бобровская, Зыряновская, Георгиевская и др. Поверхность Лениногорской впадины образована шлейфом, спускающимся от подножия Ивановского белка и сложенным преимущественно делювиально-пролювиальными отложениями. Нарымо-Бухтарминская межгорная впадина протягивается в широтном направлении и разделяет Горный и Южный Алтай. Дно впадины наклонено с востока на запад. Рельеф впадины осложняется несколькими плоскими холмами с пологими склонами. Бобровская впадина, находящаяся в среднем течении р. Каракабы, протягивается в широтном направлении. Ширина впадины 10—15 *км*, длина около 30 *км*. Поверхность ровная, волнистая, наклонена в сторону реки. Георгиевская впадина представляет собой межсопочное понижение, выполненное неогеновыми глинами и песчано-гравийным материалом. Чиликтинская впадина приурочена к долине р. Чаган-Обо и истокам р. Кандысу и сложена комплексом аллювиально-пролювиальных галечников и неогеновых глин.

В пределах описанной области повсеместно развиты комплексы аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений формации межгорных впадин и речных долин, в меньшей степени водно-ледниковые отложения формации горного оледенения. Для области характерно близкое к поверхности залегание грунтовых вод и интенсивное развитие современных процессов засолонения, заболачивания и перевевания.

Область озерно-аллювиальной аккумулятивной равнины (7) находится в Зайсанской и Алакольской межгорных впадиах. В Зайсанской межгорной впадине она сформировалась на территории Северного Призайсанья в средне-верхнечетвертичное время. Это плоская, слабо наклоненная в сторону озера равнина, на поверхности которой кое-где отмечаются бровки эрозионно-абразионных террас с уступами высотой до 5—10 м, вытянутыми в широтном направлении. В пределах Алакольской межгорной впадины озерно-аллювиальная аккумулятивная равнина, широко развитая в южной ее части, полого наклонена в сторону озера (уклон весьма незначительный, незаметный) и прорезана реками Урджар, Хатынсу, Эмель и др. на глубину 5—7 *м*. Абсолютные отметки колеблются в пределах 340—350 *м*. Широко развиты эоловые

формы рельефа: грядовые, бугристо-грядовые и ячеисто-грядовые пески. Высота гряд 3—4 *м*, длина до 50—70 *м*, вытянуты они в субширотном направлении.

В пределах Западно-Сибирской плиты озерно-аллювиальная равнина расположена в юго-восточной части Кулундинской степи, ограниченной на юге долиной р. Иртыша, а на северо-востоке — предгорьями Алтая и полого-увалистой равниной Обь-Иртышского водораздела. *Здесь озерно-аллювиальная равнина выработана в результате действия* эрозионно-абразионных процессов в аккумулятивной равнине, сложенной дельтовыми отложениями древних рек Алея, Касмалы и др., протекавших в среднечетвертичное время, когда в пределах равнины был озерный бассейн (Б. Ф. Баранов). Область описанных равнин сложена озерно-аллювиальными четвертичными отложениями формации межгорных впадин мощностью до 20—25 *м*. Подстилаются четвертичные отложения палеоген-неогеновыми алеврито-глинистыми породами красноцветной формации. Область озерно-аллювиальных равнин характеризуется близким залеганием грунтовых вод типа верховодки и интенсивными процессами засолонения и перевевания.

Область озерной аккумулятивной равнины (8) находится в Зайсанской и Алакольской межгорных впадинах. В Зайсанской впадине она представлена первой террасой оз. Зайсан, вытянутой в субширотном направлении вдоль северного берега. Поверхность террасы плоская, иногда слегка увалистая. К озеру терраса обрывается уступом высотой 15—40 *м*. Террасовидный уступ равнины слабо расчленен пологосклонными сухими оврагами, сплошь усыпанными галькой. На поверхности изредка встречаются пятна глинистых такыров, широко распространены солончаки, местами имеются заболоченности. Современная озерно-аккумулятивная равнина полосой 3—5 *км* окаймляет западный и юго-западный берега озера, располагаясь на самых низких (389—393 *м*) абсолютных отметках по сравнению с другими типами рельефа.

В пределах Алакольской межгорной впадины озерная аккумулятивная равнина также верхнечетвертично-современного возраста распространена в южной части региона и занимает наиболее низкое гипсометрическое положение. Поэтому на ее совершенно ровной плоской поверхности в изобилии развиты обширные такыры, солончаки и дефляционные *впадины. Современная озерная равнина сильно заболочена.* От верхнечетвертичной она отделяется слабо выраженным уступом высотой около 1 *м*. В области развит комплекс озерных четвертичных отложений формации межгорных впадин. В Зайсанской межгорной впадине они сдренированы (в цоколе террас выходят глины красноцветной формации палеоген-неогена). В Алакольской впадине озерная равнина характеризуется близким залеганием грунтовых вод и интенсивными процессами засолонения.

Последней таксономической единицей инженерно-геологического районирования являются районы. Они соответствуют распространению геолого-генетических комплексов пород, входящих в геологические формации и объединенных в инженерно-геологические группы пород.

На территории Восточного Казахстана преимущественное распространение имеют следующие геолого-генетические комплексы.

Гранито-диоритовый геолого-генетический комплекс скальных пород палеозойского возраста интрузивной формации представлен зеленовато-серыми неравномернозернистыми плагиогранитами, переходящими в кварцевые диориты, крупнозернистыми биотитовыми и биотито-роговообманковыми гранитами змеиногорского и калбинского комплексов. Наряду с гранитами широко развиты плагиогранит-пор-

фиры и кварцевые порфиры. В меньшей степени распространены фельзиты, фельзит-порфиры, пироксениты, дуниты, а также переходные разности: гранодиориты, граносиениты, габбро-диориты и другие породы. Интрузивные породы в зонах смятия подвержены рассланцеванию. Трещины отдельности и рассланцевания интенсивно разработаны процессами выветривания, на поверхности они зияющие.

Большое количество открытых трещин различного генезиса встречается обычно на южных склонах высоко приподнятых массивов, где они глубже эродированы. Система крутопадающих трещин распределена на площади неравномерно, в среднем через 0,5—1 *м*. Ширина открытых трещин 0,1—0,3 *см*, встречаются и более мелкие. Глубина распространения трещиноватой зоны изменяется в пределах 30—50 *м*, иногда больше. Коэффициент фильтрации ее колеблется от 1,35 до 24,71 *м/сутки*. Предел прочности гранитов (наиболее распространенной разности интрузивных пород) изменяется от 588 до 1188 *кГ/см*^{2} в зависимости от степени их выветрелости.

Наряду с общей трещиноватостью в пределах массивов гранитоидов нередко встречаются значительные по размерам и протяженности пещеры, пустоты, ниши выдувания (пещера Аулие-Ата на южном склоне гранитного массива Окпекты имеет высоту 2—3 *м*, ширину у входа 10—15 и длину 20—30 *м*).

Приуроченные к трещиноватой зоне интрузивных пород комплекса подземные воды залегают на глубинах 30—40 *м* и местами обладают сульфидной и выщелачивающей агрессией.

Породы комплекса характеризуются высокими показателями предела прочности при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии. При строительстве на интрузивных породах следует учитывать их способность к интенсивному выветриванию и образованию на их поверхности щебенисто-дресвянистой коры выветривания мощностью до 5—7 *м*. Крепость дресвы в приповерхностной части очень слабая, с глубиной несколько увеличивается. Нормативная нагрузка на дресвяные отложения принимается по СНиП II—Б—1—62 и равна 5 *кГ/см*^{2}.

Порфирито-туфолавовый геолого-генетический комплекс скальных пород среднего — верхнего девона, нижнего карбона и перми эффузивно-осадочной формации характеризуется обилием вулканогенного материала и представлен кварцевыми порфирами, альбитофирами, кератофирами, порфиритами, лавами различного состава, туфами, туффитами и туфобрекчиями. Породы метаморфизованы, собраны в складки с крутыми углами крыльев (50—60°), разбиты на блоки серией разломов и прорваны интрузиями ультрабазитов и габброидов. Породы трещиноваты, особенно до глубины 3—5 *м*, ниже трещин становится меньше, и на глубине 30—50 *м* породы практически монолитные. Региональная трещиноватость северо-восточного и юго-восточного направлений с углами падения 45—90°. Ширина трещин не превышает 2—3 *мм*, чаще 1 *мм*. Породы комплекса характеризуются высокими несущими свойствами. Широко распространенные кварцевые порфиры обладают временным сопротивлением сжатию в водонасыщенном состоянии 1500—1700 *кГ/см*^{2}, трещиноватые их разности — 1100—1300 *кГ/см*^{2}, брекчированные — 600—800 *кГ/см*^{2}. Глубина залегания подземных вод колеблется от 0 до 50 *м*, воды обладают сульфатной агрессивностью по отношению к бетонам.

Яшмокварцитовый геолого-генетический комплекс скальных пород протерозоя, кембрия, ордовика и силура метаморфической формации слагает хребты Катунский, Южный Алтай, Тарбагатай и Чингиз. Комплекс представлен коричнево-красными яшмами, яшмокварцитами,

роговиками, гнейсами, мраморизованными известняками и др. Породы кембрия смяты в изоклинальные крутопадающие складки со средними и крутыми углами падения на юго-запад (30—90°), отложения ордовика и силура собраны в узкие извилистые складки с общим северо-западным простиранием и углами падения 30—40°.

Трещиноватость метаморфических пород неравномерна и увеличивается в зонах дробления и тектонических нарушений и на контактах. Мощность зоны выветривания в среднем 15—20 *м*. Породы обводнены слабо и неравномерно. Воды пресные с минерализацией не более 1 *г/л*, участками с выщелачивающей и сульфатной агрессивностью. Комплекс характеризуется жесткими внутренними связями и высокими несущими свойствами.

Песчаниково-сланцевый геолого-генетический комплекс скальных пород среднего-верхнего девона метаморфической формации слагает Нарымский хребет и отроги хребта Южный Алтай. Представлен комплекс интенсивно метаморфизованными кристаллическими и микрокристаллическими сланцами, амфиболитами, ороговикованными песчаниками и алевролитами. Предел прочности слабо выветрелых ороговикованных песчаников в водонасыщенном состоянии 551 *кГ/см*^{2} (единичные испытания). Породы разбиты тонкими трещинами до глубины 50—70 *м* и характеризуются слабой водопроницаемостью. Коэффициенты фильтрации по данным нагнетания в кварцево-биотитовые сланцы находятся в пределах 0,0039—0,0075 *м/сутки*. Подземные воды, приуроченные к трещиноватой зоне, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Песчаниково-аргиллито-сланцевый геолого-генетический комплекс полускальных пород терригенной формации среднего-верхнего девона и нижнего карбона представлен в Алтайском складчатом регионе песчаниками, алевролитовыми, кварцево-слюдистыми и углисто-глинистыми сланцами. В минеральном составе сланцев преобладают чешуйки серицита, зерна кварца и плагиоклаза, содержатся хлорит и биотит, в большом количестве углистое вещество. Породы трещиноваты, перемяты. Широко развиты дизъюнктивные нарушения. Степень метаморфизма пород различна. Наиболее метаморфизованы породы вблизи зон смятия. Неодинакова и степень трещиноватости пород. В породах девона преобладает трещиноватость кливажа, разбившая породы, особенно сланцы, на отдельные плитки. В флишоидных нижнекарбоновых отложениях преобладает трещиноватость напластования. Наиболее четко трещины выражены на границе слоев песчаников и сланцев. Простирание трещин северо-западное, падение северо-восточное крутое (60—80°). Глубина региональной зоны трещиноватости 50—70 *м*. Наибольших глубин достигают участки локальной трещиноватости, приуроченные к зонам тектонических разломов и зонам дробления пород. Такие зоны дробления отмечаются на многих участках — Лениногорском, Зыряновском, Чердояк, Карчига и др. на глубине 129—132 и 174—199,5 *м*.

Наиболее прочными являются кварцево-слюдистые сланцы, характеризующиеся временным сопротивлением сжатию в воздушно-сухом состоянии от 255 до 1867 *кГ/см*^{2}. Характер разрушения пород под нагрузкой разнообразный. Большая часть образцов при раздавливании распадается на мелкую щебенку, меньшая — раскалывается по ослабленной зоне или по сланцеватости. Коэффициент крепости сланцев 4—6. Приведенные значения прочности в зоне интенсивного выветривания снижаются на 25%. При длительном замачивании глинистые сланцы такырской свиты набухают, и при использовании их в качестве основания инженерных сооружений это необходимо учитывать.

К зоне трещиноватости приурочены подземные воды; глубина залегания их до 40—60 *м*. Воды обладают сульфатной и выщелачивающей агрессивностью по отношению к бетонам.

Песчаниковый геолого-генетический комплекс полускальных пород даланкаринской свиты нижнего карбона флишевой формации характеризуется явным преобладанием песчаного материала и представляет собой типичные флишевые образования с ритмическим переслаиванием слоев мощностью от 0,03—0,05 до нескольких метров. Преобладающим элементом в химическом составе песчаников и сланцев является кремнезем, значительно меньше содержится полуторных окислов алюминия и железа. Сопротивление песчаников одноосному сжатию изменяется от 128 до 1802 *кГ/см*^{2} и почти не зависит от направления разрушающего усилия.

Угольно-сланцево-песчаниковый геолого-генетический комплекс полускальных пород триаса, юры и мела (?) терригенной формации развит в Кендерлыкской мульде Саур-Тарбагатайского региона и на небольших площадях Чингиз-Жарминско-Балхашского региона. Представлен комплекс чрезвычайно пестрым переслаиванием песчаников, сланцев, аргиллитов, известняков, горючих сланцев и каменных углей. Преобладают песчаники полимиктовые, мелкозернистые с карбонатным цементом и алевролиты. Угли и горючие сланцы встречаются в виде хорошо выдержанных пластов небольшой мощности. Подчиненное значение имеют эффузивные образования, представленные альбитофировыми лавами, интенсивно прорванными густой сетью жил и даек разнообразных порфиритов.

Породы комплекса отнесены к инженерно-геологической группе полускальных пород и являются достаточно устойчивым основанием для возведения инженерных сооружений. Прочность их на раздавливание до 50 *кГ/см*^{2}. Затруднения при строительстве могут возникнуть из-за распространенной на значительную глубину выветрелой зоны. Выветривание происходит не только в кровле пород, оно проникает на глубину по трещинам, разломам и по плоскостям напластования горных пород и влечет за собой постепенное раздробление пород. Образование и накопление глинисто-щебенистых продуктов выветривания особенно неблагоприятно в зонах тектонического дробления горных пород. Наличие трещин и разломов с глубокими и широкими зонами выветривания снижает общую прочность основания.

Доломито-известняковый геолого-генетический комплекс скальных и полускальных пород верхнего девона и нижнего карбона терригенно-карбонатной формации слагает в Алтайском регионе район междуречья Ульба — Бухтарма. Карбонатные породы представлены криноидными слабо перекристаллизованными известняками бухтарминской свиты нижнего карбона мощностью 200—300 *м*. Известняки разбиты трещинами, совпадающими с простиранием породы. Массивные неслоистые известняки менее трещиноваты и образуют в выходах плиты и глыбы. Поверхность известняков изъедена каррами до нескольких метров в поперечнике и глубиной до 2 *м*. Карры выполнены элювиально-делювиальными суглинками с щебнем и глыбами известняков, на отдельных участках наблюдаются редкие карстовые воронки размером от 0,5 до 11 *м* в поперечнике, выполненные жирной красной глиной. Глубина воронок более 2,7 *м*. На глубине 6—8 *м* в известняках подсечены карстовые трещины и полости мощностью до 0,4—1 *м*. Известняки трещиноваты до глубины 100 *м*. К трещиноватой зоне приурочены подземные воды; на водоразделах глубина залегания подземных вод 32—100 *м*. Закарстованные породы нередко залегают выше уровня подземных вод. Воды гидрокарбонатно-кальциевые и гид-

рокарбонатно-сульфатные, агрессивные по отношению к бетону. Примеров современного карста в описываемом районе в литературе не отмечено. По устным сообщениям, при геологической съемке территории в 1967 г. карстовые воронки современного происхождения обнаружены в верховьях р. Ульбы.

В целом же общая закарстованность карбонатных пород незначительна, что объясняется плохой растворимостью пород, так как в большинстве случаев они загрязнены глинистыми, кремнистыми и битуминозными примесями. Кроме того, большая часть поверхности карстующихся пород перекрыта покровом рыхлых отложений, препятствующих поступлению воды в карстовые пустоты. По степени устойчивости закарстованный район междуречья Ульбы — Бухтармы можно считать «долговременно устойчивым», так как здесь наблюдаются в основном формы древнего погребенного карста. Карстующиеся известняки нижнего карбона распространены также на юго-западных отрогах Калбинского хребта в Актасты-Шегилекской внутригорной впадине (междуречье Актасты, Шегилека и Байбуры). Здесь распространены рифовые известняки слоистой и массивной текстуры. В них наиболее широко развиты трещины слоистости, которые хорошо выражены и выдержаны по падению. Падение плоскостей трещиноватости 230—250°, угол падения 80°. Ширина трещин от 1—2 *мм* до 2—3 *см*, реже 10—15 *см*. Закарстованность участка незначительная.

Свежие следы карста отмечены к юго-востоку от устья р. Байбура в виде провальных воронок. Длина воронок около 20 *м*, ширина 10 *м*, глубина 7—10 *м*. Борта их крутые, почти отвесные, на дне глыбы известняков. В рыхлых отложениях по краям воронок наблюдаются трещины отрыва и малодебитные родники, поглощаемые воронками. Образовались воронки в результате обрушения крупных подземных карстовых полостей. Других поверхностных форм карста не отмечено, за исключением трещин, расширенных за счет выщелачивания. Обводненность участка невысокая, так как закарстованные породы залегают выше отметок эрозионного вреза, о чем свидетельствует интенсивное и растущее поглощение поверхностных вод. Один из ручьев, впадающих в р. Актасты, из 50 *л/сек* теряет на поглощение 40 *л/сек*. Воды, приуроченные к известнякам, гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,11—0,15 *г/л*, обладают углекислой агрессивностью. В зоне активной циркуляции подземных вод развит современный карст.

Верхнедевонские породы комплекса слагают небольшие участки по правым берегам рек Дагандены и Аягуз в Центрально-Казахстанском складчатом регионе и представлены известняками, доломитами с прослоями известковистых песчаников, сланцев, лав и туфов, трещиноватых на поверхности. Большинство трещин заполнено кальцитом. В современном рельефе выходы пород комплекса приурочены к вершинам небольших пологосклонных сопок. В соседних районах с породами терригенно-карбонатной формации связан древний карст, выполненный глинистым материалом. При специальных инженерных изысканиях необходимо тщательно фиксировать проявления карста в карбонатных породах.

Описанные комплексы скальных и полускальных пород слагают области горного и мелкосопочного рельефа, являющиеся малопригодными для строительства ввиду сложности их рельефа, требующего большего объема планировочных работ. Условия строительства осложняет в этих районах широкое развитие современных физико-геологических процессов и явлений, наиболее существенными из которых являются в пределах Центрально-Казахстанской складчатой области дефляция и выветривание. Многочисленные сорово-дефляционные западины и

котловины имеются по левым берегам рек Чаган, Баканас и др., западнее урочища Куры-Жал и Абаевской депрессии. Эрозия как рельефообразующий фактор в настоящее время проявляется ограниченно. К ней относится выработка современных долин с русловым врезом до 2—3 *м*. Наиболее широко развито физическое выветривание, обусловленное резкими колебаниями температур, приводящих к разрушению скальных пород с образованием мелкообломочного элювия и глыб на склонах. Здесь наблюдаются многочисленные причудливые формы: ниши выдувания, пещерообразные углубления, карнизы, «бараньи лбы», «щербатые скалы», осыпи и т. п. На ранней стадии выветривания скальных пород, когда они еще не потеряли своей монолитности, наблюдается снижение механической прочности на 40—60% по сравнению со свежими разностями.

В пределах Алтайского складчатого региона наиболее широко развиты процессы эрозии, усиливающие расчлененность рельефа. Резко континентальный климат способствует интенсивному проявлению процессов выветривания (особенно морозного). Нередко на склонах гор образуются курумы, из года в год меняющие свои очертания и медленно сползающие по склону под влиянием солифлюкции и силы тяжести. Почти повсеместно на склонах гор и на поверхностях выравнивания на отметках 1500—2000 *м* весной наблюдается течение оттаявшего суглинистого покрова (солифлюкция), причем этот процесс протекает даже при незначительных уклонах поверхностей (1—5°) и сопровождается образованием мягкоочерченных солифлюкционных склонов и террас.

Процессы нивации (снеговая эрозия) сопровождаются образованием на теневых склонах карроподобных углублений и ниш, где задерживаются снег и талые воды, усиливающие процессы физического и химического выветривания. Так же широко развиты процессы дефляции, особенно на гранитах Калбинского хребта, создающие различные причудливые формы. В верховьях горных рек Убы, Громатухи, Хамира и др., особенно на южных склонах, происходят снежные обвалы (лавины). Образуются они при чрезмерном скоплении снега на крутых склонах в микропонижениях рельефа. Снежные лавины зафиксированы в 1948 и 1966 гг. на Ивановском белке. Современные каровые ледники и связанные с ними ледниковые формы рельефа — цирки и карры — развиты на хребтах Тигирецком, Ивановском, Проходном, Сарымсакты у вершины Беркут-Аул, Курчумском у горы Аксу-Бас. В Катон-Карагайском районе на участке дороги Катон — Карагай — Урыль часто образуются родниковые наледи, делающие дорогу непроходимой.

В Центрально-Казахстанском и Алтайском складчатых регионах на площадях распространения нижнекаменноугольных известняков развиты процессы современного карстообразования, сопровождающиеся образованием свежих провальных воронок глубиной до 2—3 *м* (междуречье Актасты — Чигилек — южные отроги Калбинского хребта, верховья бассейна р. Джалтырсу — хребет Нарымский и др.), подземных карстовых полостей, фиксируемых участками поглощения поверхностных водотоков (бассейн р. Актасты).

В Саур-Тарбагатайском складчатом регионе для горной части присущи морозно-нивационные, солифлюкционные, гравитационные явления, а также процессы современной аккумуляции. Здесь встречаются цирки, карры, сглаженные скалы, «бараньи лбы».

В заключение следует отметить, что описанные геолого-генетические комплексы пород, относящиеся к группе скальных и полускальных пород, представляют собой надежное основание для возведения на них инженерных сооружений всех классов со статическими и динами-

ческими нагрузками. Затруднения при строительстве могут возникать из-за распространенной на значительную глубину интенсивно выветрелой зоны. Выветривание происходит не только в кровле пород, но и проникает на значительную глубину по трещинам, разломам и плоскостям напластования и влечет за собой постепенное раздробление пород. Образование и накопление глинисто-щебенистых продуктов выветривания особенно интенсивно в зонах тектонического дробления. Наличие трещин и разломов с глубокими и широкими зонами выветривания понижает общую прочность основания, создавая благоприятные условия для значительных осадок сооружений, и уменьшает сопротивление пород сдвигу.

В связи с процессами континентального засолонения возможно агрессивное воздействие подземных вод на бетон. В откосах, выемках и у подрезанных склонов вследствие значительной тектонической нарушенности пород возможно отседание склонов и образование крупноглыбовых осыпей, что может вызываться сейсмическими явлениями от искусственных взрывов. При возведении гидротехнических сооружений нужно обращать внимание на тектонические разломы, пересекающие скальный массив по створу плотины. Они обусловливают неоднородность основания и возможность неравномерной осадки сооружений. При возведении инженерных сооружений на участках карстующихся известняков необходимо изучить распространение и условия дальнейшего развития карста.

Геолого-генетический комплекс озерно-аллювиальных пород красноцветной формации мел-палеоген-неогена относится к инженерно-геологической группе преимущественно связных осадочных пород и занимает небольшие по площади участки, приуроченные к депрессии палеозойского фундамента в горноскладчатых регионах. В регионах межгорных впадин указанный комплекс слагает останцево-башенные и грядовые возвышенности (реликты древней аккумулятивной равнины), между которыми простираются обширные пространства глинистых такыров. Районы наиболее однородны по составу грунтов и их физико-механическим свойствам.

В верхней части разреза преобладает монотонная неслоистая толща красно-бурых, иногда пестроцветных глин. Глины гидрослюдистые, реже монтмориллонит-гидрослюдистые, комковатой структуры, карбонатные, гипсоносные, слабо песчанистые, плотные, иногда с линзами заглинизированных песков, галечников и конгломератов. Количество гипса доходит до 20%, в редких случаях до 60%. Гипс концентрируется по микротрещинам и порам, образует конкреции и гнезда. Помимо гипса нередко содержатся небольшие железистые и марганцовистые бобовины. Отдельные разности глин по химическому составу отвечают почти совершенно чистому монтмориллониту и отличаются большой влагоемкостью. Содержание глинистых частиц достигает 66—75%, пылеватых — 21,5%, песчаных — 2,8%. С глубиной содержание глинистых частиц закономерно уменьшается за счет увеличения пылеватых и песчаных частиц. Приведенные данные свидетельствуют, что по гранулометрическому составу глины в основном пылеватые. Верхние горизонты глин находятся в тугопластичном и пластичном состоянии, нижние — в твердом.

Физико-механические свойства глин (N_2^{2-3}): влажность (w_0) 15—25%, объемный вес (γ) 1,95—2,1 *г/см*^{3}, удельный вес (Δ) 2,72—2,76 *г/см*^{3}, пористость (n) 32—48%, число пластичности 17—30; показатели сопротивления сдвигу: коэффициент трения ($\mathrm{tg}\,\varphi$) 0,14—9,56, удельное сцепление (C) 1—3 *кГ/см*^{2}.

Глины обладают способностью к набуханию (7—15% при влажности 20—35%). Размоканию глины подвержены слабо, большинство образцов размокает на 3—5% за сутки. При размокании обычно сразу с образца осыпаются мелкие чешуеобразные частицы и в дальнейшем он сохраняет свою форму. Величина объемной усадки глин изменяется от 5—8 до 15—20%. Предел усадки 10—15%. По числу пластичности глины относятся к нормальным ($F=32{,}5\%$). Жирные ($F>60\%$) и тощие ($F<30\%$) глины встречаются реже. Засоленность неогеновых отложений достигает 2,1 *г* на 100 *г* породы, из солей преобладает гипс. Объемный вес глин составляет 2,08 *г/см*^{3} при влажности 22%, удельное сцепление 0,88 *кГ/см*^{2}. Основой цемента глин является кремнезем (SiO_2 49,5—52,2%). Растворимые полуторные окислы алюминия и железа составляют соответственно 19,2—20,2 и 9,5—11,1%. На долю CaO и MgO приходится от 1,7 до 3%. По коэффициенту сжимаемости глины относятся к слабо сжимаемым (0,001—0,009), причем при нагрузках до 3 *кГ/см*^{2} часто отмечается набухание. Рекомендуемые для расчетов значения угла внутреннего трения ($\varphi=18$—$20°$) и удельное сцепление ($C=0{,}5$ *кГ/см*^{2}) приняты для пород, находящихся в естественном состоянии.

Подземные воды спорадического распространения, приуроченные к линзам и прослоям гравийно-песчаного материала, обладают сульфатной агрессивностью, залегают на глубинах от 30—40 до 80—100 *м* и более и никакого влияния на условия наземного строительства оказывать не будут.

В целом глины красноцветной формации при увлажнении обладают способностью набухать, а при избыточном увлажнении разжижаться. Севернее и северо-восточнее г. Аягуза, а также на правобережье р. Ащису отмечаются своеобразные бугры вспучивания высотой от 0,5 до 1 *м* с диаметром основания до 2 *м*. Обычно они встречаются в пониженных частях рельефа, среди слегка засоленных равнин, сложенных бентонитовыми глинами. Кроме бугров вспучивания встречаются грязевые ванны площадью 250×250 *м*, которые приурочены к значительно обводненным тектоническим разломам. В откосах, на склонах и в подземных выработках глины неустойчивы, оползают по трещинам скольжения, вспучиваются, а при набухании часто разрушаются. Под нагрузками малосжимаемы и дают незначительную осадку. Но ввиду способности глин к набуханию, а при высыхании к усадкам (до 38% к объему) и порой даже к полному разрушению, требуется защита оснований сооружений от промораживания, увлажнения и воздействия воздуха и света.

Из изложенного можно сделать следующие выводы относительно инженерно-геологических условий района распространения геолого-генетического комплекса связных пород (N, Pg и Cr):

1) несущая способность глин относительно высокая;

2) большая мощность глин (более 100 *м*) создает на нижние их слои давление около 200 *кГ/см*^{2}, что может привести к выпучиванию нижних слоев глин при проходке в них шахтных стволов (Орловское месторождение);

3) избыточное увлажнение глин может привести их в текучее состояние (последнему способствует тонкий механический состав глин), осложняющее ведение строительных работ.

Геолого-генетический комплекс лёссовидных суглинков средне-верхнечетвертичного возраста формации предгорных равнин широко распространен на территории Восточного Казахстана. Лёссовидные суглинки сплошным чехлом покрывают предгорную равнину Рудного Алтая (междуречье Убы — Ульбы — Бухтармы). Мощность лёссового по-

крова изменяется от 0,5 до 3 *м* на гребневидных водоразделах, от 15 до 20 *м* на плоских водоразделах и пологих склонах и от 40 до 50 *м* в долинах рек Глубочанки, Красноярки, Бобровки, Убы и др. В междуречьях лёссовые породы перекрывают третичные образования и породы палеозойского фундамента, в долинах крупных рек они участками целиком слагают вторую надпойменную террасу и местами переходят на первую надпойменную террасу.

И. С. Чумаков отмечает полигенетическое происхождение лёссовых пород Рудного Алтая: лёссы, развитые на водоразделах и изолированных возвышенностях, являются эоловыми образованиями; лёссы, слагающие обширные шлейфы на склонах сопок и низких гор, преимущественно делювиального и пролювиально-делювиального генезиса; лёссы, развитые в долинах рек и во впадинах горной области, аллювиального и пролювиального генезиса. Представлены лёссовые породы палевыми до желто-бурых, местами с выцветами известковистых солей и пятнами окислов железа и марганца, неслоистыми и пылеватыми суглинками. Верхняя часть лёссового покрова до глубины 5—8 *м* пронизана кротовинами и червеходами диаметром до 1,5 *см*.

Лёссовидные суглинки весьма однородны по химическому и гранулометрическому составу и лишь в присклоновых участках обогащены щебенистым и дресвяным материалом. В химическом составе суглинков преобладают кремнекислота и полуторные окислы алюминия и железа. В гранулометрическом составе преобладает пылеватая фракция (0,05—0,005 *мм*), содержание которой достигает 70—80%. Содержание глинистой фракции редко выходит за пределы 20—30%, а песчаной фракции (0,05—2 *мм*) содержится 10—15%.

Медианные диаметры, подсчитанные по данным гранулометрического состава, составляют для лёссовых пород Лениногорской впадины 0,02, г. Зыряновска 0,02, г. Усть-Каменогорска 0,023, г. Шемонаихи 0,035, пос. Глубокое 0,033. Заметных изменений в гранулометрическом составе лёссовых пород при переходе от горных районов к предгорьям и долинам крупных рек не наблюдается. Для всех районов характерно увеличение с глубиной количества песчаных частиц.

Минеральный состав лёссовидных суглинков характеризуется преобладанием в глинистой фракции гидрослюд, нередко частично или наполовину замещенных минералами группы монтмориллонита. Каолинит присутствует в виде отдельных зерен. Встречаются карбонаты в виде неправильных зерен, постоянно присутствует пыль пирита.

В тяжелой фракции преобладают роговая обманка (15—34%), эпидотизированные агрегаты (14—25%) и непрозрачные рудные минералы (20—45%). Кроме того, содержатся авгит (1,7—5%), цоизит (2—8%), биотит (1—19%), циркон (3—9,4%); пылеватая фракция характеризуется преобладанием кварца (88—95%) и небольшим содержанием полевых шпатов (5—12%). Содержание водорастворимых солей в суглинках составляет 0,06—0,21% от веса сухой породы. Водные вытяжки из них преимущественно гидрокарбонатные с повышенным содержанием сульфатов, реже гидрокарбонатно-сульфатные. В катионном составе преобладают кальций и натрий, реже магний и кальций. Таким образом, суглинки слабо засолены гипсом. Они характеризуются высокой пористостью, превышающей обычно 40—45%. Естественная влажность колеблется от 7,3 до 36%, поэтому суглинки часто подвержены быстрому размоканию (образцы распадаются в течение 1—5 *мин*).

Компрессионные испытания суглинков показали их высокую и неравномерную сжимаемость. В большинстве случаев они обладают средней сжимаемостью. Коэффициент сжимаемости в диапазоне нагрузок

1—5 *кГ/см*^{2} составляет 0,007 (иногда 0,001—0,003) — 0,09 (иногда 0,11—0,14). Модуль деформации колеблется от 11 до 121 *кГ/см*^{2} по компрессионным испытаниям. При замачивании при дополнительной нагрузке к собственному весу грунта лёссовидные суглинки в подавляющем большинстве дают дополнительную осадку, величина которой может составлять 114—147 *см* (г. Шемонаиха и пос. Больше-Нарымское) при мощности опробованной зоны 12—20 *м* и коэффициенте относительной просадочности 0,05—20,06. На отдельных изолированных участках (особенно в пос. Глубокое, городах Лениногорске, Шемонаихе), где мощность суглинков превышает 9—12 *м*, грунты дают дополнительную осадку под нагрузкой собственного веса.

По СНиП II—Б.2—62 такие грунты отнесены ко II типу грунтовых условий по просадочности и требуют особых защитных мероприятий по предотвращению просадок при возведении на них сооружений. В связи с тем, что грунты II типа грунтовых условий развиты локально и участки имеют обычно небольшие размеры (10×20, реже 100×400 *м*), при инженерно-геологических изысканиях требуется особенно тщательное изучение лёссовидных пород. Кроме того, из многих материалов по инженерно-геологическим условиям отдельных строительных площадок известно, что компрессионные испытания суглинков в лабораторных условиях не всегда позволяют выявить их просадочные свойства. Практика строительства показывает, что все лёссовидные суглинки при замачивании под дополнительной нагрузкой просадочны. Недооценка этих особенностей лёссовидных пород приводит к деформациям инженерных сооружений.

Лёссовидные суглинки района Западно-Сибирской плиты также широко распространены и имеют близкие к указанным физико-механические свойства. На глубине около 1 *м* от кровли повсеместно фиксируется горизонт, обогащенный карбонатными солями. Мощность суглинков обычно не превышает 15—30 *м* Порода однородная с преобладанием пылеватой фракции (до 80%), глинистой фракции 15—19%, песчаной — 6—16%. Частицы крупнее 0,25 *мм* отсутствуют. Содержание легкорастворимых солей сильно влияет на физико-механические свойства. В данном районе оно несколько повышенное (2—5%), а на отдельных участках достигает 5—10% и более (по весу породы). Наряду с высокой общей пористостью, а в верхней части и четко выраженной макропористостью высокое содержание растворимых солей сказывается в том, что суглинки энергично реагируют на избыточное увлажнение. Через 40—50 *сек* после замачивания образцы довольно прочной структуры теряют всякую связность. По величине коэффициента сжимаемости (0,014—0,022) они также среднесжимаемые, причем при нагрузке 0,5 *кГ/см*^{2} они ведут себя как слабо сжимаемые породы (коэффициент сжимаемости 0,008 *кГ/см*^{2}).

Лёссовидные суглинки Алакольской межгорной впадины эолового (?) генезиса. Залегают они непосредственно на палеозойских породах или на красноцветных глинах павлодарской свиты. Суглинки очень тонкие (пылеватые), пористые, сильно карбоиатные, характерного палево-желтого цвета. Обычно хорошо держат вертикальные стенки. Толща суглинков совершенно однородна по составу и цвету. Иногда на поверхности суглинков наблюдаются суффозионные просадки (воронки диаметром до 15—20 *м*) глубиной 1,5 *м*, а в западной части отмечаются многочисленные суффозионные блюдца, едва выраженные в рельефе. Растворением в соляной кислоте установлено содержание в суглинках $CaCO_3$ от 7 до 25%. Нерастворимый остаток состоит на 50—90% из глинистых частиц, на 50—10% из пылеватых. Минеральный анализ пылеватой фракции показывает резкое преобладание квар-

ца (90%). Мощность лёссовидных суглинков достигает нескольких десятков метров (к югу от с. Урджар даже 100 *м*), но быстро убывает с приближением к горам. Здесь широко развиты овраги и балки, полностью прорезающие толщу суглинков и вскрывающие породы палеозоя. Химическая и физическая характеристика суглинков в интервале опробования 0,35—5,95 *м*: содержание (в %): SiO_2 59,82; Al_2O_3 14,1; Fe_2O_3 5,8; CaO 8,4; MgO 1,36; K_2O+Na_2O 2,7; SO_3 6,66; естественная влажность 1,36%; содержание (в %): глинистых частиц (<0,005 *мм*) — 15,7; пылеватых (0,85—0,005 *мм*) — 60,42, песчаных (0,5—0,005 *мм*) — 21,23.

На отдельных участках в лёссовидных суглинках развиты подземные воды типа верховодки спорадического распространения, отличающиеся крайним непостоянством режима. Приурочены они к понижениям рельефа, залегают на глубинах от 0,5 до 10—15 *м* и местами обладают сульфатной агрессивностью по отношению к бетонам на портланд-цементе. Уровни вод подвержены сезонным колебаниям.

В районах распространения лёссовидных суглинков широко развиты современные физико-геологические процессы, осложняющие условия строительства. Интенсивно развиваются процессы оврагообразования. Наибольшее число оврагов приурочено к искусственным сооружениям, причем, как правило, к местам выхода воды. Так, площадь, занимаемая оврагами в долине р. Глубочанки, достигает 2 *км*^{2}. Глубина оврагов 15—40 *м*, длина 2—3 *км*. Стенки оврагов почти отвесные, со временем выполаживаются до 30°. Большинство оврагов находится в стадии развития, в некоторых из них существуют постоянные водотоки. В микропонижениях рельефа вследствие капиллярного поднятия грунтовых вод нередко появляются заболоченные участки. Для участков, где грунтовые воды находятся на глубине менее 1,5 *м*, характерно широкое развитие процессов вторичного засолонения грунтов с образованием солончаков. Просадочные явления приурочены к участкам, обводненным с глубины более 5—6 *м* (например, пос. Горняк).

В ряде случаев оврагообразование сопровождается активными карстово-суффозионными явлениями, описанными в районе пос. Глубокое Н. И. Кригером. Действию этих процессов обязаны суффозионные провалы и так называемые «степные блюдца», т. е. неглубокие плоские впадины с пологими склонами. В долинах рек интенсивно протекают процессы подмыва берегов. В долине р. Иртыша у с. Прапорщиково береговая линия за пять лет переместилась на 95 *м*. Около рек вследствие периодического замачивания и усыхания в лёссовидных суглинках образуются широкие зияющие трещины, параллельные террасовым уступам.

По трещинам отрыва происходят обвалы и оползания суглинистых масс. Оползневые явления, развитые по берегам рек Ульбы и Березовки и в других местах, неоднократно вызывали деформации инженерных сооружений.

При возведении сооружений на лёссовидных суглинках необходимо учитывать неравномерную и повышенную сжимаемость их, способность давать просадки при замачивании даже без дополнительных нагрузок, а тем более под дополнительными нагрузками, повышенные фильтрационные свойства их. В процессе эксплуатации сооружений необходимо предохранять их основания от замачивания. Недооценка сложности инженерно-геологических условий районов распространения лёссовидных пород комплекса и несоблюдение правил строительства и эксплуатации инженерных сооружений привело к деформации отдельных зданий в городах Усть-Каменогорске, Лениногорске, Зыряновске и др.

Все виды строительства в пределах данного района требуют детальных изысканий и точной оценки инженерно-геологических условий территории и тщательного соблюдения правил строительства и эксплуатации инженерных сооружений, основанием которых являются лессовидные породы

Геолого-генетический комплекс делювиально-пролювиальных отложений среднечетвертичного — современного возраста формации мелкосопочника в горноскладчатых районах выполняет долины временных водных потоков и обрамляет склоны горных сооружений, в пределах мелкосопочника Чингиз-Жарминско-Балхашского региона — межсопочные понижения, залегая на размытой поверхности глин павлодарской и аральской свит неогена или непосредственно на палеозойском фундаменте Комплекс представлен дресвяно-щебенистыми отложениями, но нередко в разрезе преобладает суглинистый материал Дресва представлена обломками кварца и полевого шпата размером 0,2—1 *см* Содержание дресвы колеблется от 30 до 70% Щебень мелкии и средний состоит из черных сланцев и кварца Содержание его изменяется от 5 до 20% Заполнителем является либо песок разнозернистый полимиктовый (20—40%), либо суглинистый материал Суглинки желтовато-бурые с выцветами карбонатов, малой пористостью, плотные, от маловлажных до влажных (w_0=12—20%) Содержание глинистой фракции 23,3—39,8%, пылеватой 50—54%, песчаной 17,6—25,5% Отдельные разности суглинков просадочные Водорастворимые соли представлены преимущественно сульфатами (0,22—0,53%) Вдоль подножия мелкосопочных массивов развиты валунно глыбово-щебенистые образования, заполнителем которых служат супеси и мелкозернистые пески С поверхности повсеместно развиты суглинки иловатого облика Мощность отложений изменяется от 2—5 *м* у склонов до 12—20 *м* и более в долинах горных ручьев и межсопочных равнинах Делювиально-пролювиальные отложения спорадически обводнены, глубина залегания грунтовых вод изменяется от 1—3 до 8—10 *м*, воды обладают сульфатной агрессивностью

Геолого-генетический комплекс делювиально-аллювиально-пролювиальных отложений четвертичного возраста формации предгорных равнин в Зайсанской и Алакольской межгорных впадин слагает конусы выноса небольших рек и ручьев (Тебезге, Темерсык и др) и предгорные шлейфы Это преимущественно валунно галечные и валунно щебенистые отложения с суглинистым и глинистым заполнителем Мощность отложений изменяется от 20—25 *м* в конусах выноса до 100—122 *м* в предгорьях Манрака, Саура и Арасан Тау В толще нередки прослои и линзы суглинков, глин и конгломератов, сцементированных глинистым цементом, мощностью от 3—6 до 13—20 *м* На отдельных участках обломочные отложения перекрыты лессовидными суглинками мощностью 1—2,5 *м* и лишь в урочище Тушкомбай до 17 *м* Суглинистые отложения комплекса широко развиты на предгорной равнине Рудного Алтая, где они выполняют мелкие межгорные впадины Зыряновскую, Бобровскую и др

Физико-механические свойства делювиально-пролювиальных суглинков и глин характеризуются преобладанием в механическом составе пылеватой фракции (49—65,5%), песчаной фракции содержится 19,5—36,15% и глинистой 10—14,05%. Удельный вес суглинков 2,69—2,73 *г/см*^{2} Консистенция твердая Химический состав суглинков (в %) SiO_2 56,9—61,7, Al_2O_3 11—11,6, Fe_2O_3 6,0—6,4, CaO 9—10,8, MgO 1—1,3, SO_2 0,2—0,6, K_2O 2,9—3,1. Механический состав глин глинистой фракции 51,4%, пылеватой 46,1% и песчаной 2,5% Влажность 22,4%, объемный вес 2 *г/см*^{3}, удельный вес 2,75 *г/см*^{3}, пористость 40,6%, коэф

фициент пористости 0,68%. Влажность грунта на пределе раскатывания 21,3%, на пределе текучести 43,5%, число пластичности 22. Консистенция глин твердая и полутвердая. Глины непросадочные, но набухающие. Грунтовые воды залегают на глубинах 10—20 *м* в конусах выноса и 50—100 *м* и более в предгорьях. Воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с минерализацией 0,5—1 *г/л*. При минерализации более 0,75 *г/л* воды обладают сульфатной агрессивностью.

В пределах Западно-Сибирской плиты аллювиально-пролювиальные отложения комплекса представлены супесями, суглинками, глинами, песками и алевритами. Для супесей и суглинков характерен лёссовидный облик, реже отложения представлены гравелистыми песками с примесью мелкой гальки. Средний состав гравелистых песков: гравия и дресвы 27%, песка 90%, на долю пылевато-глинистых частиц приходится 7%. Средний состав песков: гравия (дресвы) 7%, песка 90%, пылевато-глинистых частиц 2%. Состав супесей: песчаных частиц 80%, пылеватых 10%, глинистых 10%. Состав суглинков: глинистой фракции 17% (12—26%), пылеватой 24% (11—27%) и песчаной 59% (53—74%). Суглинки тугопластичной и твердой консистенции. Под нагрузкой 3 *кГ/см*^{2} суглинки характеризуются коэффициентом относительной просадочности от 0,0004 до 0,03. Допускаемые нагрузки на описанные грунты по СНиП II—Б.1—62 (в *кГ/см*^{2}): на суглинки и супеси 1,5—2, на глины 2—3, на дресвяно-суглинистые 2—2,5, на гравийно-галечные 3, на дресвяно-щебенистые 3—4. Глубина залегания подземных вод колеблется от 2—3 до 20—30 *м*. Условия строительства определяются гидрогеологическими факторами.

Из современных физико-геологических явлений наблюдаются суффозионные процессы, в районе урочища Тушкомбай — просадки суглинков, в краевых частях конусов выноса — заболачивание поверхности, процессы оврагообразования.

В районах распространения суглинистых отложений комплекса возможно развитие оползневых явлений. Оползание суглинистых отложений происходит обычно на склонах по увлажненному контакту суглинков с палеозойскими породами.

Геолого-генетический комплекс аллювиально-пролювиальных отложений четвертичного возраста формации межгорных впадин широко распространен в Зайсанской, Алакольской, Чиликтинской и других более мелких межгорных впадинах. Грубообломочные отложения комплекса слагают конусы выноса рек и центральные части впадин. Наблюдается некоторая сортировка материала с переходом от предгорий к центральной части впадин от валунно-галечных к гравийно-галечным и гравийно-песчаным отложениям. Заполнителем во всех случаях является разнозернистый, часто грубозернистый песок, сильно глинистый. Среди обломочных пород нередки линзы и прослои суглинистого, глинистого и супесчаного материала. Мощность обломочных отложений в конусах выноса рек изменяется от 10—20 до 60—80 *м*. Нередко обломочные отложения перекрыты лёссовидным суглинистым покровом, мощность которого в большинстве случаев не превышает 2—2,5 *м*; следовательно, основными несущими грунтами в районах распространения отложений комплекса являются песчаные и гравийно-галечные отложения. Несущая способность основания из гравийно-галечников до 4—6 *кГ/см*^{2}.

Грунтовые воды на описываемой территории залегают на глубинах от 1—5 до 10 *м*. В краевой части конусов выноса наблюдается массовое выклинивание подземных вод, а ниже, в пределах аллювиально-пролювиальных равнин, высокое их стояние приводит к заболачиванию и развитию солончаков. Состав солей сульфатный магниевый и суль-

фатный натриевый. Солончаки, перемежаясь с заболоченными участками, протягиваются полосой 10—12 *км* вдоль юго-восточного берега оз. Зайсан и вдоль краевой части конусов выноса рек Уйдене и Джеменей, на северном побережье оз. Алаколь, на северо-западе Чиликтинской впадины и узкими полосами вдоль предгорных равнин межгорных впадин. Заболачивание обширных территорий обычно приурочено к центральным частям впадин (болотистое урочище Кызыл-Чилик в Чиликтинской впадине).

Геолого-генетический комплекс аллювиальных отложений четвертичного возраста формации речных долин широко развит во всех регионах. В Западно-Сибирском и горноскладчатых регионах он слагает долины р. Иртыша и других крупных рек, насчитывающих четырешесть основных террас и высокую и низкую поймы. Участки развития высоких надпойменных террас (преимущественно третьей и четвертой) выделены в долинах рек Иртыша, Бухтармы и др. Сверху отложения представлены супесями и суглинками, реже глинами мощностью 20—60 *м*. Подстилаются они песками и галечниками.

Первая и вторая надпойменные террасы развиты в долинах всех рек. В нижней части комплекс представлен галечниками с гравийно-песчаным заполнителем и включением валунов. В верхней части они перекрываются суглинками и супесями с прослоями и линзами песков и глин. Мощность отложений в среднем 10—15 *м* (изменяется от 2 до 30 *м*).

Суглинки, слагающие верхнюю часть террас, участками с примесью гравия и гальки до 10%, с тонкими прослойками и линзами мелкозернистого песка, содержат (в %): глинистой фракции 27—55, пылеватой 26—55, песчаной 27—46. Залегают суглинки выше уровня грунтовых вод, характеризуются коэффициентом водонасыщения, редко превышающим 0,69, твердой и полутвердой консистенцией и являются среднесжимаемыми (коэффициент уплотнения при нагрузках 1—2 *кГ/см*^{2} составляет 0,002 *см*^{2}*/кг*). Подстилающие их песчано-галечные отложения обычно обводнены и характеризуются не выдержанным по простиранню и глубине соотношением мелкого и крупного материала. Встречаются валуны размером 10—20 *см* (от 0 до 9%). Заполнитель представлен мелким и средней крупности песком. Коэффициент фильтрации его от 8,6 до 60,5 *м/сутки* (в среднем 22,4 *м/сутки*). Под нагрузкой при замачивании заполнитель дает осадку, достигающую 2% при нагрузке до 4 *кГ/см*^{2}.

Грунтовые воды залегают на глубинах свыше 20 *м* в пределах высоких террас, на глубинах от 0,5—0,7 до 5—9 *м* на первой и 16—30 *м* на второй террасах.

Участки развития низких и высоких пойм сложены гравийно-галечными отложениями, преимущественно с крупнопесчаным заполнителем. Мощность отложений 0,5—8 *м*, залегают они чаще на породах коренной основы. В галечниках встречаются валуны размером 10—20 *см* (2%). Коэффициент неоднородности в среднем равен 55.

В Чингиз-Жарминско-Балхашском складчатом регионе комплекс представлен преимущественно гравийно-песчаными и супесчано-суглинистыми отложениями общей мощностью 10—25 *м*. Песчано-гравийные отложения характеризуются содержанием гравелистых частиц от 1 до 69%, песчаных — 28—67%, пылеватых и глинистых — 1,5—18%, коэффициент неоднородности 4,2—13,8. Коэффициент упругого сжатия на глубине 3,5 *м* 28,6—33,4 *см*^{2}*/кг*, на глубине 6 *м* 36—230 *см*^{2}*/кг*.

Угол естественного откоса для этих грунтов в сухом состоянии 30—37°, под водой 24—31°.

Суглинки и супеси имеют почти повсеместное распространение, перекрывая маломощным чехлом (0,5—2 *м*) песчано-гравийные отложения. Влажность суглинков и супесей на первой надпойменной террасе значительно больше (12,1—24,5%), чем на второй и третьей (6,9—13,9%), что связано с более близким залеганием грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод на первой надпойменной террасе 1,5—2 *м*, на второй — 2—3 *м*, на третьей — 5 *м* и более. Воды обладают сульфатной агрессивностью по отношению к бетонам. При строительстве необходимо учитывать близкое залегание грунтовых вод (до 2 *м*) на низких террасах. Паводки и половодья угрозы не представляют, так как характеризуемая территория располагается на незатопляемых надпойменных террасах. Учитывая подмыв берегов, сооружения не следует располагать близко от уреза воды или необходимо укреплять берега. Максимальная глубина промерзания грунтов 1,1—1,3 *м*, средняя 0,6—0,8 *м*.

Район распространения данного комплекса отложений отличается наибольшей засоленностью по сравнению с остальными территориями Центрально-Казахстанской складчатой области. Ввиду полупустынного характера климата здесь широко развиты процессы континентального соленакопления, приводящие к образованию солончаков, соленых грязей и загипсованности. При замачивании в суглинках могут развиваться просадочные явления, а в глинах — пучения.

Геолого-генетический комплекс флювиогляциальных отложений средне-верхнечетвертичного возраста формации горного оледенения распространен в Алтайском складчатом регионе в Нарымо-Бухтарминской и Бобровской впадинах, в верховьях рек Коробихи и Раскаты, на водоразделах рек Левой Громатухи и Малого Тургусуна, в районе Малоульбинского водохранилища и в верховьях рек Курчума и Каракаба. Комплекс представлен галечниково-валунным материалом с песчано-гравийным и супесчаным заполнителем, развитым по периферии морен и слагающим зандровые конусы выноса. Содержание обломочного материала достигает 80%. Материал неотсортирован, слоистость отсутствует. Мощность во впадинах достигает 100 *м* и более, в других местах не превышает первых десятков метров. Глубина залегания грунтовых вод в центральных частях впадин до 40 *м*. В нижней и средней частях конечных морен и в понижениях рельефа нередко образуются заболоченные участки. Местами водоносные отложения прикрыты суглинками мощностью 1—8 *м*.

Воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые с минерализацией 0.04—0,2 *г/л*. Инженерно-геологические условия района вполне удовлетворительны. Грунты пригодны в качестве оснований сооружений всех классов со статическими и динамическими нагрузками.

Геолого-генетический комплекс озерно-аллювиальных четвертичных отложений формации межгорных впадин представлен темно-серыми и серыми суглинками, супесями, песками с редкими маломощными прослоями глин, реже гравийниками. Пески содержат примесь мелкой хорошо окатанной гальки. Мощность отложений 19—28 *м*. В пределах развития данного комплекса отложений грунтовые воды залегают на глубинах 2—5 *м*, местами подходят к дневной поверхности, обладают сульфатной агрессией при минерализации более 0,25 *г/л*. Из современных физико-геологических процессов следует отметить засоление грунтов, развивающееся в понижениях рельефа в результате интенсивного испарения залегающих на небольшой глубине грунтовых вод.

Геолого-генетический комплекс озерных отложений четвертичного возраста формации межгорных впадин представлен гравийно-галечным, песчано-гравийным и супесчаным материалом. В некоторых мес-

тах отмечается значительная примесь суглинков. Максимальная мощность отложений 20—25 *м*. Современные озерные отложения развиты вдоль берегов озер Зайсан, Сасыкколь и Алаколь. Представлены они сильно засоленными, часто битуминозными глинами, суглинками, супесями, илами и песками. В пределах современной озерной равнины грунтовые воды залегают на глубине 1—3, реже до 5 *м*, часто заболачивают ее, что делает большую часть равнины малопригодной для строительства.

Отложения первой надпойменной террасы сдренированы, что в совокупности с относительно плоской поверхностью террасы делает ее пригодной для любого вида строительства.

Геолого-генетический комплекс эоловых отложений верхнечетвертичного — современного возраста формации полупустынь широко распространен в Зайсанской и Алакольской впадинах и на территории Западно-Сибирской плиты.

Образование эоловых песков связано с перевеванием в верхнечетвертичное — современное время в Западно-Сибирской низменности и в Зайсанской впадине аллювиальных отложений второй надпойменной террасы р. Иртыша, в Алакольской впадине и на некоторых участках Зайсанской — озерно-аллювиальных средне-верхнечетвертичных отложений. Представлены они средне-, мелко- и тонкозернистыми разностями, часто пылеватыми, хорошо отсортированными и окатанными. Мощность эоловой переработки 12—15 *м* и более.

Комплекс эоловых отложений отличается однородностью гранулометрического состава; содержание фракции тонкого песка (0,05—0,1 *мм*) достигает в отдельных пробах 99%. Объемный вес песков 1,65 *г/см*^{3}, пористость обычно не превышает 45%. Коэффициент фильтрации составляет 0,011 *м/сутки*. Углы естественного откоса отличаются значительным постоянством и составляют в сухом состоянии 33—35°, *под водой* 30—32°. *Породы комплекса в Алакольской впадине сильно* карбонатные, потери при обработке соляной кислотой составляют 15—20% за счет пылеватых частиц. Минералогическим анализом установлено преобладание в песчаной фракции кварца. Пески спорадически обводнены с глубины 1—5 *м*. Наименьшие глубины приурочены к межбарханным понижениям. Подземные воды обладают слабой сульфатной агрессивностью, на отдельных участках — выщелачивающей.

На площадях эоловых массивов ввиду близкого залегания уровня грунтовых вод и приуроченности массивов к областям с жарким и сухим климатом широко развиты процессы засоленения. Другим фактором, осложняющим условия строительства, являются сильные ветры, обусловливающие интенсивное протекание эоловых процессов (перевевание и перемещение незакрепленных песчаных бугров и гряд) в настоящее время.

* *
*

Бо́льшая часть территории Восточного Казахстана расположена в зоне горноскладчатых сооружений, сложенных породами с жесткими связями. Однако основной объем городского промышленного, гидротехнического, дорожного и сельскохозяйственного строительства приурочен к долинам рек, предгорным равнинам и межгорным впадинам, где широко распространены рыхлообломочные четвертичные отложения, естественное состояние и свойства которых определяются характером поздних диагенетических преобразований. Ведущая роль при этом принадлежит процессам континентального засоленения. Активное влияние на формирование физико-механических свойств пород и инженерно-

геологические условия строительства оказывают процессы дефляции, эрозии, пучения, просадочности и оползни

Большинство инженерно-геологических изысканий на описываемой территории проведено на высоком техническом уровне, с правильной оценкой природных условий, что обеспечило надежную устойчивость при эксплуатации инженерных сооружений, построенных на территории Восточного Казахстана за годы Советской власти К ним следует отнести уникальные гидротехнические сооружения на р Иртыше Усть-Каменогорскую и Бухтарминскую ГЭС, каскад Ульбинских гидроэлектростанций, горнообогатительные, другие промышленные, культурно бытовые предприятия и многоэтажное жилищное строительство Однако имеются неоднократные случаи деформации и разрушений отдельных зданий, неустойчивости земляных сооружении, развития оползневых явлений на склонах и в бортах карьеров, вызванных как неправильной оценкой инженерно-геологических условий территории, так и нарушением правил строительства и эксплуатации инженерных сооружении, возведенных на лессовидных грунтах или на склонах, сложенных рыхлыми отложениями в городах Усть-Каменогорске, Лениногорске, Зыряновске и других населенных пунктах Восточного Казахстана

На прилагаемой карте инженерно-геологического районирования выделены регионы и области, характеризующиеся определенным естественноисторическим развитием и проявлением комплекса физико геологических явлений, определяющих инженерно-геологические условия территории.

Дальнейшие инженерно-геологические исследования на территории Восточного Казахстана должны быть направлены

1) на изучение физико-технических свойств скальных и полускальных пород, занимающих более 60% площади, в массивах, так как лабораторные испытания образцов пород не дают правильного представления об устойчивости скальных пород в естественном залегании,

2) на более детальное изучение проявлений современных физико-геологических процессов с их количественной оценкой,

3) на организацию наблюдений за инженерно-геологическими процессами переработкой берегов (в частности, берегов Бухтарминского водохранилища) и просадочностью лессовидных пород под сооружениями,

4) на организацию планомерной инженерно геологической съемки в наиболее важных в промышленном отношении районах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Восточном Казахстане имеются различные полезные ископаемые. Его природные условия таят большие потенциальные возможности дальнейшего развития народного хозяйства. Здесь сочетаются полупустынные равнины Центрально-Казахстанского мелкосопочника, издавна являющиеся пастбищами для овцеводства; равнины Западно-Сибирской низменности с могучим Иртышом, выходящим здесь на простор из горных ущелий Алтая; обширные тучные альпийские луга и дремучие таежные леса в горах Алтая и Саура, плодородные долины межгорных впадин, с бурными реками, пригодными для сооружения электростанций, и многоводными, богатыми рыбой озерами; огромные равнины Алакольской и Зайсанской впадин, на юге которых раскинулись фруктовые сады и виноградники.

Однако гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность территории Восточного Казахстана долгие годы оставалась весьма неравномерной и слабой. До 50-х годов все исследования были связаны лишь с горнодобывающей промышленностью. В 30-х годах на Рудном Алтае зародилась шахтная гидрогеология (на сильно обводненном Риддерском руднике), в 40-х годах эти работы приняли более широкий размах, хотя проводились они только на полиметаллических месторождениях Алтая и Калбы; 50-е годы ознаменовались территориальным и целевым расширением исследований. Продолжаются инженерно-геологические изыскания под строительство гидротехнических сооружений, начата гидрогеологическая съемка с освоением целинных и залежных земель Казахстана, Алтая и Сибири, бурение гидрогеологических скважин для сельского хозяйства в комплексе с поисковыми работами на нефть и др.

К началу работ по составлению настоящей книги на территории Восточного Казахстана на основных полиметаллических месторождениях проведен комплекс инженерно-гидрогеологических исследований, позволивший определить возможность отработки ряда рудных залежей карьерным способом, были закончены разведочные работы на месторождениях минеральных и термальных вод, а также проведены аналогичные работы на месторождениях подземных вод для водоснабжения городов, промышленных предприятий и разнообразных сельскохозяйственных объектов.

Все эти работы позволили расчленить гидрогеологический разрез в его стратиграфической последовательности, определить площади распространения горизонтов, комплексов и водоупоров, наметить основные закономерности в изменениях минерализации и химического состава подземных вод и определить элементы их динамики.

Наиболее хорошо изучены подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов и комплексов. Воды глубокого залегания как в межгорных артезианских бассейнах, так и в зонах тектонических нарушений изучены еще слабо. Недостаточно внимания уделялось вопросам формирования подземных вод, особенно их солевого и газового состава (на отдельных участках изучался микрокомпонентный состав подземных вод в связи с гидрохимическими методами поисков полезных ископаемых). Плохо изучены роль глубинных тектонических разломов и их влияние на формирование подземных вод.

Изучение ресурсов подземных вод по всей территории Восточного Казахстана не проводилось, работы этого профиля были приурочены

к небольшим участкам в районах отдельных городов, поселков, совхозных усадеб и т. п.

Инженерно-геологическая изученность Восточного Казахстана крайне неравномерна. Основные изыскания проводились на площадях месторождений для определения условий шахтного строительства и отработки рудных залежей, а также в городах Усть-Каменогорске, Семипалатинске, Лениногорске, Зыряновске и др. в связи с сооружением промышленных предприятий и широким размахом жилищного и культурно-бытового строительства. На остальной территории Восточного Казахстана никаких инженерно-геологических работ не проводилось, за исключением немногочисленных исследований под строительство сельскохозяйственных объектов, а также планировку центральных усадеб и отделений совхозов и колхозов.

Сведения по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям Восточного Казахстана изложены в разрозненных статьях, посвященных часто узким вопросам, в основном касающимся шахтной гидрогеологии. Обобщенные, схематизированные, часто прогнозные характеристики приводились в ряде обзорных работ.

Настоящий том монографии «Гидрогеология СССР» является первой сводной работой, которая обобщает весь разнообразный материал по гидрогеологии и инженерной геологии Восточного Казахстана, накопленный многочисленными исследователями этой территории, особенно за последние 10—15 лет.

Критическая оценка и обработка материалов на современном уровне знаний в процессе их синтеза позволяет сделать ряд научно-теоретических обобщений и выводов по принципам гидрогеологического районирования и по вопросам формирования подземных вод и наметить пути дальнейшего развития гидрогеологии и инженерной геологии Восточного Казахстана.

Резюмируя все изложенное в настоящем томе, можно сделать следующие основные выводы.

Большая часть Восточного Казахстана представлена разновозрастными горноскладчатыми сооружениями, меньшая часть входит в платформенную область. На этом основан весь комплекс их геологических и гидрогеологических различий. Горноскладчатые сооружения, сложенные дислоцированными породами палеозойского и допалеозойского возраста, содержат в основном грунтовые, трещинные и трещинно-карстовые воды, приуроченные к зоне экзогенной трещиноватости, и трещинно-жильные и жильные воды, связанные с зонами глубинных разломов. Подчиняясь гипсометрии рельефа, воды движутся от наиболее приподнятых водораздельных частей к местным и региональным базисам стока, образуя бассейны трещинных и трещинно-жильных вод. При наличии геологических структур, сложенных породами карбонатного состава, образуются бассейны трещинно-карстовых вод. К межгорным впадинам, выполненным осадочными рыхлыми образованиями мезозоя и кайнозоя с содержащимися в них грунтовыми и напорными поровопластовыми водами, приурочены межгорные артезианские бассейны. Таким образом, горноскладчатые сооружения представляют собой сложные системы бассейнов грунтовых вод, трещинных, трещинно-карстовых и трещинно-жильных вод и межгорных артезианских бассейнов.

Разновозрастность структур горноскладчатых сооружений, отраженная в характере рельефа, его расчлененности и обнаженности, в наличии и характере перекрывающего осадочного чехла, является основой их разделения на гидрогеологические районы. Центрально-Казахстанский район, сложенный каледонидами, в меньшей степени герцинидами, равнинный, мелкосопочный, с мощным осадочным чехлом. Алтай-

ский район, сложенный в значительной мере обновленными герцинидами, высокогорный, сильно расчлененный, обнаженный. В пределах Центрально-Казахстанского района в качестве районов второго порядка выделяются крупные межгорные артезианские бассейны.

Платформенная часть Восточного Казахстана, являющаяся южной краевой частью Западно-Сибирской платформенной артезианской области и сложенная осадочными отложениями мезозойского и кайнозойского возраста, содержит поровые и порово-пластовые грунтовые и напорные воды; к породам складчатого палеозойского фундамента приурочены трещинные и трещинно-жильные воды.

Гидрогеологическое районирование второго порядка в платформенной части проводится по структурному принципу, выраженному в глубинах залегания складчатого фундамента, в мощности, составе и условиях залегания осадочного чехла, что находит отражение в условиях формирования подземных вод (Глуховский и Иртышский артезианские бассейны).

Основные закономерности формирования подземных вод горноскладчатых областей тесно связаны с проявлениями ландшафтно-климатической поясности. Гипсометрия рельефа, его характер, степень обнаженности и расчлененности, климат и растительность — вот его географическая основа, на которой базируются гидродинамическая зональность, дренированность местности, положение местных и региональных базисов стока, характер поверхностного и подземного стока, характер циркуляции подземных вод и степень активности водообмена. Последние характеристики в свою очередь обусловливают гидрохимическую зональность, проявляющуюся в количественном и качественном составе подземных вод.

В пределах горноскладчатых областей Восточного Казахстана выделяются пять гидродинамических и гидрохимических зон:

1) в пределах высокогорья; соответствует нивальному и горно-тундровому горным поясам, где подземный сток практически отсутствует, активность водообмена весьма слабая и формируются ультрапресные (минерализация 0,1 *г/л*) гидрокарбонатные кальциевые воды;

2) в пределах высокогорья; соответствует альпийскому горному поясу. Здесь при весьма коротких путях фильтрации и максимальной степени активности водообмена формируются также ультрапресные, хотя сравнительно с первой зоной более минерализованные (0,03—0,1 до 0,2 *г/л*) воды гидрокарбонатного кальциевого состава;

3) в пределах среднегорья; соответствует лесному горному поясу. В этой зоне активно формируется подземный сток, в условиях интенсивного водообмена при повышенном количестве углекислоты формируются пресные воды (от 0,2 до 0,5 *г/л*) гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого и кальциево-натриевого состава;

4) в пределах низкогорья, в горно-степном ландшафтно-климатическом поясе. Здесь при сравнительно более низкой степени активности водообмена формируются в основном пресные (0,5—1 *г/л*) гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-натриевые и кальциево-натриево-магниевые воды;

5) в пределах мелкосопочника, в поясе полупустынь и сухих степей. В условиях длинных путей фильтрации, затрудненного оттока и слабого водообмена при активной испарительной концентрации формируются солоноватые (3—5 *г/л*) и соленые (25—30 *г/л*) воды сульфатного и сульфатно-хлоридного натриево-кальциево-магниевого состава.

Наряду с процессами формирования подземных вод, подчиняющимися площадной зональности, имеют место и процессы азонального характера. В первую очередь это касается формирования трещинно-жиль-

ных вод и сульфатных вод вблизи сульфидной минерализации (формирование вод в зонах глубинных разломов и зонах смятия почти не изучено).

Межгорные артезианские бассейны в пределах Восточного Казахстана по условиям формирования подземных вод сгруппированы в три основных типа:

1. Бассейны мелкие кайнозойские (Лениногорский, Чиликтинский и др.) имеют четкое двухъярусное строение. Верхняя зона активного водообмена в рыхлых отложениях четвертичного возраста, нижняя зона замедленного водообмена, содержащая напорные воды спорадического распространения, в песчаных линзах среди толщи глин неогена.

2. Бассейны мелкие мезозойские (Кендерлыкский, Джеменейский и др.) также двухъярусного строения отличаются наличием в зоне замедленного водообмена напорных трещинных и трещинно-пластовых вод.

Воды, формирующиеся в бассейнах первых двух типов, по составу и минерализации отражают приуроченность их к той или иной гидродинамической и гидрохимической зоне горноскладчатых сооружений, хотя и отличаются некоторым повышением минерализации, особенно в бассейнах второго типа.

3. Бассейны крупные мезозойско-кайнозойские (Алакольский, Зайсанский) имеют двухъярусное строение с зонами активного и затрудненного водообмена. Бассейны этого типа бессточные и являются базисами регионального стока для окружающих горных сооружений. Состав вод в них формируется под влиянием природных и физико-химических факторов.

Помимо вертикальной гидродинамической и гидрохимической зональности в бассейнах всех трех типов проявляется площадная гидрохимическая зональность. Глубинные части бассейна изучены слабо, особенно в бассейнах второго и третьего типов.

Подземные воды в артезианских бассейнах платформенного типа изучены неравномерно и недостаточно, несколько лучше в Глуховском бассейне и совершенно недостаточно в Иртышском бассейне. В первом из них развита в основном зона активного водообмена, во втором бассейне, хотя вертикальная гидродинамическая и гидрохимическая зональность изучена очень слабо, намечающаяся закономерность указывает на сложное трехъярусное его строение, при котором средняя часть разреза в связи с особенностями литологического состава обладает более затрудненными условиями водообмена и меньшей промытостью пород. Площадная зональность в пределах обоих бассейнов изучена весьма слабо, особенно в глубоких частях разреза.

Сравнительная оценка водоносных горизонтов и комплексов, распространенных в Восточном Казахстане, позволяет выделить следующие наиболее перспективные для целей водоснабжения:

I. В пределах горноскладчатых областей: водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных аллювиальных отложений, отличающийся максимальной водообильностью и высокими питьевыми качествами подземных вод. За счет эксплуатации этих горизонтов обеспечивается водоснабжение таких крупных городов, как Усть-Каменогорск, Лениногорск и Зыряновск.

II. В пределах крупных межгорных артезианских бассейнов (Алакольского и Зайсанского): 1) водоносный комплекс нерасчлененных четвертичных преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений; 2) водоносный комплекс плиоценовых отложений вторушкинской свиты.

III. В пределах Ишим-Иртышского артезианского бассейна платформенного типа: 1) водоносный комплекс средне-верхнечетвертич-

ных — современных аллювиальных отложений; 2) водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных отложений касмалинской свиты; 3) водоносный горизонт верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты; 4) водоносный горизонт миоцен-плиоценовых отложений павлодарской свиты (в Глуховском артезианском бассейне); 5) водоносный комплекс нерасчлененных меловых отложений.

В томе приводится подсчет естественных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод Восточного Казахстана.

Для горноскладчатых областей этот подсчет проведен по новой методике, основанной на учете зимних расходов рек. Новые, еще не опубликованные данные исследований 1967—1968 гг. использованы для Ишим-Иртышского бассейна.

Следует отметить, что слабая гидрогеологическая изученность ряда районов, недостаток фактического материала, приближенное определение расчетных параметров обусловливают приближенный характер результатов вычислений. Сравнительная характеристика степени обеспеченности отдельных районов показывает, что наиболее обеспечены ресурсами подземных вод высокогорная и среднегорная части страны, однако из-за рассредоточенности подземного стока и его резких колебаний во времени использовать его трудно. Бедна ресурсами подземных вод мелкосопочная равнинная часть (Чингиз-Жарминско-Балхашский район). Сравнительно хорошо обеспечены Зайсанский и Алакольский межгорные артезианские бассейны, где наибольшая часть естественных ресурсов, по-видимому, формируется в отложениях конусов выноса (нижние части бассейнов весьма слабо изучены), а также Ишим-Иртышский артезианский бассейн, где формируются значительные ресурсы подземных вод в неогеновых и четвертичных водоносных горизонтах (Иртышский бассейн также почти не изучен).

В пределах Восточного Казахстана встречаются минерализованные и термальные воды, используемые в лечебных целях (воды без специфических компонентов, слабо минерализованные, щелочные, термальные с температурой 22—43° С, с повышенным содержанием кремнекислоты, радоновые, железистые). На эксплуатации слабо минерализованных термальных вод действуют курорты «Рахмановские ключи» и «Барлык-Арасан». Генезис вод связан с зонами глубоких разломов, однако вопросы формирования их изучены слабо.

Освещение гидрогеологических условий месторождений полезных ископаемых для Восточного Казахстана приобретает особую важность. Серьезные помехи при разработке месторождений создает водоносный комплекс аллювиальных отложений.

Вопрос охраны подземных вод от загрязнения в условиях Восточного Казахстана, где для водоснабжения используются воды неглубокого залегания, представляет большой практический интерес.

В пределах Восточного Казахстана, где построены уникальные гидротехнические сооружения Усть-Каменогорской и Бухтарминской ГЭС на р. Иртыше, каскад Ульбинских гидроэлектростанций, где развиваются горнообогатительные предприятия, металлургические заводы, жилищное и культурно-бытовое строительство, инженерная геология имеет большое практическое значение. В настоящей работе на основе проведенного инженерно-геологического районирования подробно характеризуются геолого-генетические комплексы отложений и формации, слагающие регион. Вопросы физико-технических свойств скальных и полускальных пород, комплексной оценки проявлений современных физико-геологических процессов и наблюдений за инженерно-геологическими процессами пока слабо изучены.

Основными задачами гидрогеологических исследований на ближайшие годы являются:

1. Проведение среднемасштабной гидрогеологической съемки в первую очередь в Рудном Алтае и в засушливых районах, перспективных для развития сельскохозяйственного производства, с целью более детального изучения ресурсов подземных вод, необходимых для технического, хозяйственно-питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения. При съемке следует детально изучать наряду с пресными минерализованные солоноватые воды с целью их опреснения, так как в ряде засушливых районов они являются единственным источником водоснабжения. В горноскладчатых районах, особенно в Чингиз-Жарминско-Балхашском, серьезное внимание следует уделить изучению тектоники и ее связи с гидрогеологией, гидрогеологическим условиям зон смятия и глубинных разломов различного возраста, которые являются аккумуляторами подземных вод и путями их циркуляции.

2. Проведение комплексных инженерно-гидрогеологических исследований крупного масштаба с целью научно обоснованного проектирования новых и реконструкции существующих оросительных систем или проведения осушительных мероприятий на заболоченных участках.

3. Проведение поисково-разведочных работ для обеспечения источниками технического и питьевого водоснабжения горнорудных предприятий, особенно расположенных в засушливых районах (Акбастау — Кусмурун), промышленных предприятий, районных центров, многочисленных и разнообразных объектов сельского хозяйства.

4. Продолжение изучения режима подземных вод и их охрана от истощения и загрязнения в горнорудных и сельскохозяйственных районах с развитием наблюдательной сети на участках интенсивного орошения и заболоченных территориях, намеченных для освоения.

5. Продолжение инженерно-гидрогеологических исследований на месторождениях полезных ископаемых, находящихся в сложных природных условиях, с обобщением обширных материалов по шахтной гидрогеологии и инженерной геологии, анализом (по существующим рудникам) прогнозных и фактических водопритоков в горные выработки и карьеры, интенсивности развития депрессионных воронок над горными работами, анализом устойчивости бортов карьеров в рыхлообломочных толщах, насыщенных водой, и разработкой соответствующих рекомендаций по методике инженерно-гидрогеологического изучения месторождений.

Во вторую очередь следует предусмотреть проведение крупномасштабной гидрогеологической съемки в наиболее развитых промышленных и сельскохозяйственных районах с детальным изучением подземных вод глубокого залегания в межгорных и артезианских бассейнах и в зонах тектонических нарушений, изучением условий формирования, особенно солевого и газового состава, и ресурсов подземных вод.

Необходимо провести поиски и разведку резервных источников водоснабжения за счет подземных вод для городов, рабочих поселков и сельскохозяйственных населенных пунктов, использующих для питья поверхностные воды, легко подвергающиеся загрязнению.

Важным для Восточного Казахстана является проведение детальных гидрогеологических исследований с целью изучения условий формирования и прироста запасов термальных лечебных вод на месторождениях Рахмановские ключи и Барлык-Арасан для расширения существующих санаториев горнорудных и металлургических предприятий и проведение поисково-разведочных работ на термальных источниках Талды-Арасан с целью использования их для лечебных целей.

Приложение 1

Каталог буровых скважин

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, *м* / Глубина скважины, *м*	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, *м*	Мощность слоя *м*	Глубина появления воды *м* / Глубина установления уровня воды *м*	Дебит, *л/сек* / Понижение уровня, *м*	Интервал или глубина опробования, *м*	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
1	Семипалатинская обл., Бескарагайский район, 25,5 *км* СВ пос Семеновка	324,6 / 164,8	Q_{II-III}	Супесь плотная	16,5	16,5	—	—	—			
			Q_{I-II} krd	Переслаивание глин с гравием, галькой и песком средне- и мелкозернистым	128,0	111,5		—	—	—	—	
				Глина вязкая, плотная	141,5	13,5	—	—	—			
			Q_{I-II} krd	Песок среднезернистый	146,0	4,5	141,5 / 116,3	0,55 / 0,65	141,5—146,0	$M_{0,3}$ $\frac{HCO_3\ 69\ SO_4\ 23}{(Na+K)\ 58\ Ca\ 35}$	1	
			N_1 pv	Глина плотная, вязкая	164,8	18,8	—	—	—			
2	Семипалатинская обл., Бескарагайский район, 45 *км* СВ пос Семеновка	282,0 / 120,5	Q_{II-III}	Суглинок	21,0	21,0	—	—	—			
			Q_{I-II} krd	Переслаивание коричневых глин, светло бурых с супесями, с линзами и прослоями песков	97,0	76,0		—	—			
			N_2 kc	Песок разнозернистый с гравием и галькой	111,0	14,0	97,0 / 86,0	1,4 / 3,0	97,0—111,0	$M_{0,1}$ $\frac{HCO_3\ 79\ SO_4\ 15}{Ca\ 51\ (Na+K)\ 33\ Mg\ 16}$	2	Фильтровая колонна диаметром 6″ в интервале 81,9—120,5 *м*
			N_{1-2} pv	Глина коричневая, с глубины 116 *м* с включением крупного щебня, известковистая	120,5	9,5	—	—	—			
3	Семипалатинская обл., Ново-Покровский район, 5 *км* З пос Ьель-Агач	325,27 / 245,00	Q_{II-III}	Переслаивание глины плотной с песком и супесью	86,5	86,5	—	—	—			
			Q_{II-III} ksm	Песок мелкозернистый кварцевый	100,7	14,2	86,5 / 34,1	2,5 / 4,1	87,4—96,5	$M_{0,4}$ $\frac{SO_4\ 57\ HCO_3\ 31\ Cl\ 12}{(Na+K)\ 52\ Ca\ 31\ Mg\ 17}$	3	
			Q_{II-III} ksm	Супесь с включением кварцевого песка	110,8	10,1	—	—	—			
			N_2 kc	Глина плотная известковистая, в интервале 113,8—119 *м* песок тонкозернистый кварцевый	123,0	12,2	—	—	—			
			N_2 kc	Гравийно галечные отложения	139,0	16,0	—	—	—			
			N_{1-2} pv	Глина плотная	145,0	6,0	—	—	—			
			N_{1-2} pv	Песок разнозернистый, в основном мелкозернистый	158,0	13,0	—	—	—			
			N_{1-2} pv	Глина сильно песчанистая	163,6	5,6	—	—	—			
			N_{1-2} pv	Песок кварцевый разнозернистый	199,4	35,8	163,6 / 52,29	0,6 / 45,8	162,65—174,39			
			N_1 or	Глина вязкая, жирная	207,0	7,6	—	—	—			
			$D_3 — C_1$	Алевролит	245,0	29,0	—	—	—			

Продолжение прилож. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
4	Семипалатинская обл., Ново-Покровский район, 16,5 км ССВ пос Глуховка	225,0 / 160,0	$Q_{II-III}ksm$	Песок серый от мелко- до среднезернистого .	24,0	24,0	—	—	—			
			N_2kc^v	Глина бурая	55,0	31,0	—	—	—			
			N_2kc^v	Песок серый разнозернистый	64,0	9,0	55,0 / 0,0	2,0 / 38,0	55,0—64,0			
			$N_{1-2}pv$	Глина коричневая плотная	86,0	22,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок серый разнозернистый	88,0	2,0	86,0 / 0,0	1,2 / 65,0	86,0			
			$N_{1-2}pv$	Переслаивание бурой глины и песка разнозернистого	107,5	19,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок разнозернистый .	155,0	47,5	107,5 / 0,0	2,5 / 3,5	110,7—116,3	$M_{0,8}\frac{SO_4\,55\ Cl\,25\ HCO_3\,20}{(Na+K)\,44\ Mg\,31\ Ca\,25}$	4	Диаметр фильтра 108 мм в интервале 110,7—116,3 м
			$\gamma\pi Pz$	Гранит-порфир	160,0	5,0	—	—	—			
5	Семипалатинская обл., Ново-Покровский район, в 7,5 км ЮЮВ пос. Изатулла	261,0 / 180,7	$Q_{II-III}ksm$	Песок мелкозернистый	7,5	7,5	—	—	—			
			N_2kc^v	Глина плотная с прослоями песка мелкозернистого	54,0	46,5	—	—	—			
			N_2kc^v	Песок серый мелкозернистый	56,6	2,6	54,0 / 11,8	2,6 / 0,64	54,0	$M_{0,3}\frac{HCO_3\,56\ SO_4\,22\ Cl\,11\ HCO_3\,11}{Ca\,67\ Mg\,22\ (Na+K)\,11}$	5	
			N_2kc^v	Галечник	66,3	9,7	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина плотная, пластичная	88,0	21,7	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок крупнозернистый	104,1	16,1	88,0 / 22,1	1,9 / 0,81	88,0—104,0			
			$N_{1-2}pv$	Глина красная плотная	110,6	6,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок разнозернистый .	117,0	6,4	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Валунно-галечные отложения	128,4	11,4	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина зеленая с прослоями песка . . .	144,7	16,3	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок серовато-желтый средиезернистый	152,7	8,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина коричневато-красиая с гравием н галькой	159,15	6,4	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок желтовато-серый среднезернистый . .	166,8	7,6	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина коричиевато-зеленая с галькой и валунами	175,8	9,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Валуино-галечные отложения	180,7	4,9	—	—	—			

Продолжение приложж. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
6	Семипалатинская обл., Ново-Покровский район, 12 км ЮЗ пос Ново-Покровка	290,0 / 168,0	$Q_{II-III}ksm$	Песок мелко- и среднезернистый	50,0	50,0	18,0 / 18,0	0,93 / 7,78	41,2—50,0	$M_{1,3}\frac{SO_4\,59\ Cl\,28\ HCO_3\,13}{(Na+K)\,43\ Ca\,40\ Mg\,17}$	6	Фильтр диаметром 127 мм
			$N_2^{v}kc$	Глина известковистая	59,0	9,0	—	—	—			
				Песок разнозернистый глинистый	64,0	5,0	—	—	—			
			$N_2^{v}kc$	Глина, в интервале 68—70 м песок разнозернистый	73,5	9,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина плотная	75,0	11,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Гравийно галечные отложения	97,0	12,0	85,0 / 29,5	0,31 / 45,0	89,0—97,0	Общая минерализация 0,6 г/л		
			$N_{1-2}pv$	Глина плотная, вязкая	99,0	2,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок разнозернистый глинистый	119,5	19,5	99,0 / 34,0	0,22 / 32,0	104,0—113,0	Общая минерализация 0,7 г/л		
			$N_{1-2}pv$	Глина плотная	139,5	20,0	—	—	—			
			γPz	Гранит	168,0	28,5	—	—	—			
7	Восточно-Казахстанская обл., Лениногорский район, 10,5 км СВ пос Каршевка	939,67 / 24,9	Q_{II-III}	Суглинок щебенисто дресвяный и щебенисто-глыбовый материал	2,5	2,5	—	—	—	—		
			$D_{?}$	Серицито хлоритовые сланцы темно-зеленого цвета	24,9	22,4	2,5 / 2,5	0,3 / 13,0	2,5	$M_{0,1}\frac{HCO_3\,86\ SO_4\,12}{Ca\,43\ (Na+K)\,31,4\ Mg\,25,6}$	7	Обсадка трубами 12″ до глубины 22,5 м
8	Восточно Казахстанская обл., Шемонаихинский район, 15 км ЗСЗ с Верхубинка	350,0 / 50,5	Q_{II-III}	Суглинок	15,5	15,5	15,5 / 13,5	—	—			
			Q_{II-III}	Песок крупнозернистый	16,1	0,6	—	—	—			
			Q_{II-III}	Глина с дресвой	17,2	1,1	17,22 / 13,5	10,0 / 9,2	34,0—44,0	$M_{0,2}\frac{HCO_3\,88\ SO_4\,8\ Cl\,4}{Ca\,50\ Na\,30\ Mg\,20}$	8	Фильтр естественный, $K_ф \approx 0,6$ м/сутки, скважина близ скв. 8
			Q_{II-III}	Гравийно-галечные отложения	18,0	0,8						
			N_2vt	Глина коричневая с галькой, с глубины 21 м красная	22,5	4,5	—	—	—			
			γPz	Граниты	50,5	28,0	22,5 / 13,5	1,85 / 8,74	22,5—50,5	$M_{0,2}\frac{HCO_3\,84}{Ca\,46\ Na\,39}$	9	
9	Восточно-Казахстанская обл., Глубоковский район, 21 км ЮВ пос Верхубинка	450,0 / 60	Q_{II-III}	Суглинок	10,5	10,5	—	—	—			
			γPz	Граниты	60 0	49,5	10,4 / 9,33	5,88 / 10,62	10,5—60,0	$M_{0,25}\frac{HCO_3\,85,2\ SO_4\,7,3\ Cl\,5,7}{Ca\,53,1\ (Na+K)\,24,6\ Mg\,21,6}$	10	Обсадка трубами диаметром 6″ до глубины 17,3 м
10	Восточно-Казахстанская обл., Лениногорский район, 18 км З пос. Ульба	410,0 / 60,2	a^1Q	Галечно валунные отложения	60,2	60,2	1,5 / 1,1	15,1 / 3,67	5,0—13,9	$M_{0,1}\frac{HCO_3\,66,3\ SO_4\,22,7}{Ca\,56,9\ (Na+K)\,33,6}$	11	

Продолжение приложе. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
11	Восточно-Казахстанская обл., Лениногорский район, 15 км ЗЮЗ г. Лениногорска	644,13 / 300,00	Q_{II-III}	Суглинок	3,9	3,9	—	—	—			
			D_{2-3}	Переслаивание песчаников и алевритов . .	300,0	296,1	21,8 / 21,8	5,96 / 8,75	21,8—93,6	$M_{0,3}$ $\frac{HCO_3\ 79,4}{Ca\ 56,3\ (Na+K)\ 22,4}$	12	
12	Семипалатинская обл., Ново-Покровский район, 30 км южнее г. Семипалатинска	225,0 / 67,0	Q_{II-III}	Суглинок	6,0	6,0	—	—	—			
			C	Переслаивание глинистых сланцев и песчаников	67,0	61,0	58,0 / 5,0	6,9 / 4,8	58,0—67,0	$M_{3,6}$ $\frac{Cl\ 80\ SO_4\ 12}{(Na+K)\ 64\ Ca\ 18\ Mg\ 18}$	13	
13	Восточно-Казахстанская обл., Глубоковский район, 17 км СВ пос. Белоусовка	450,0 / 99,6	aIQ	Суглинок	10,0	10,0	—	—	—			
			aIQ	Гравийно-галечные отложения	27,5	17,5	10,0 / 1,4	—	—			
				Глина желто-бурая . .	52,5	25,0	—	—	—			
				Гравийные отложения .	63,0	10,5	52,5 / +3,0	11,75 / 9,25	52,5—63,0	$M_{0,4}$ $\frac{HCO_3\ 81\ SO_4\ 15}{Ca\ 47\ (Na+K)\ 24\ Mg\ 29}$	14	
			N_2vt	Глина от желто-бурой до красно-бурой . .	96,0	33,0	—	—	—			
			C	Песчаник	99,6	3,6	96,0 / +0,45	0,37 / Самоизлив	96,0—99,6	—		
14	Восточно-Казахстанская обл., Таврический район. с. Тройницкое	515 / 98	Q_{II-III}	Суглинок	1,6	1,6	—	—	—			
			N_2vt	Глина красная с включением щебня и мелкой гальки . . .	28,0	26,4	—	—	—			
			C	Глинистые сланцы . .	98,0	70,0	28,0 / 3,8	1,1 / 7	28,0—98,0	$M_{0,5}$ $\frac{HCO_3\ 63,4\ Cl\ 36,6}{Ca\ 56,4\ (Na+K)\ 26\ Mg\ 17,6}$	15	
15	Восточно-Казахстанская обл., Таврический район, 12 км ЮЗ пос. Глубокое	303,7 / 81,65	Q_{II-III}	Переслаивание суглинков, дресвяно-щебенистых отложений и песков	20,0	6,0	—	—	—			
			N_2vt	Глина желто-бурая с прослоями дресвы и песка	75,0	40,0	—	—	—			
			D_{2-3}	Аргиллиты темно-серые	81,65	6,65	75,0 / 64,2	0,61 / 19,18	75,0—81,65	$M_{0,3}$ $\frac{HCO_3\ 62,9\ Cl\ 21,3\ SO_4\ 15,9}{Ca\ 45,9\ Mg\ 27,2\ (Na+K)\ 26,9}$	16	
16	Восточно-Казахстанская обл., Глубоковский район, г. Усть-Каменогорск, Пионерский остров	284,99 / 81,5	aIQ	Галечно-гравийные отложения	57,5	57,5	3,7 / 3,2	74,88 / 4,91	3,5—37,0	$M_{0,1}$ $\frac{HCO_3\ 74\ Cl\ 14\ SO_4\ 12}{Ca\ 53\ (Na+K)\ 33\ Mg\ 14}$	17	
			aIQ	Суглинок желто-бурый	59,7	2,2	—	—	—			
			aIQ	Галечно-гравийные отложения	74,5	14,8	59,7 / 3,2	12,0 / 17,3	59,0—73,0			
			D_{2-3}	Слаицы кремнистые .	81,5	7,0	74,5 / 3,2	—	—			

Продолжение прилож. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, *м* / Глубина скважины, *м*	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, *м*	Мощность слоя, *м*	Глубина появления воды, *м* / Глубина установления уровня воды, *м*	Дебит, *л/сек* / Понижение уровня, *м*	Интервал или глубина опробования, *м*	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
17	Восточно-Казахстанская обл., Зыряновский район, Богатыревский водозабор, 12 *км* ВЮВ, пос. Путинцево	440,24 / 128,8	aIQ	Суглинок	1,5	1,5	—	—	—			Фильтр перфорированный с проволочной обмоткой диаметром 8″, длиной 23 *м* на глубине 67,5 *м* и диаметром 4,5″, длиной 35 *м* на глубине 85 *м*
			aIQ	Галечные отложения с песчано-гравийным заполнителем	12,0	10,5	3,0 / 3,0	—	—			
			aIQ	Гравийно-галечные отложения с песчано-глинистым заполнителем	41,0	29,0	—	—	—			
			aIQ	Галечные отложения с валунами	65,0	24,0	59,61 / 4,16	—	67,0—90,0	$M_{0,3}$ $\frac{HCO_3\ 85,2}{Ca\ 60\ Na\ 22,9}$	18	
			aIQ	Гравийно-галечные отложения с линзами и прослойками песка и глин	122	57,0	—	15,1 / 7,85	85,0—120,0	$M_{0,3}$ $\frac{HCO_3\ 93,5}{Ca\ 61,4\ Mg\ 22,4}$	19	
			aIQ	Глина желто-бурая с песком и гравием .	127,3	5,3	—	—	—			
			D_{2-3}	Порфириты	128,8	1,5	—	—	—			
18	Семипалатинская обл., Чарский район, 17 *км* СЗ пос. Чарск	370,0 / 95,0	Q_{II-III}	Суглинок с гравием . .	2,3	2,3	—	—	—			
			Q_{II-III}	Песок разнозернистый с гравием	4,1	1,8	—	—	—			
			N	Глина пестроцветная плотная	30,0	25,9	—	—	—			
			C	Песчаники, сланцы, алевролиты	95,0	65,0	30,0 / +1,5	1,0 / 15,5	30,0—95,0	$M_{0,6}$ $\frac{HCO_3\ 51\ SO_4\ 32\ Cl\ 17}{(Na+K)\ 57\ Mg\ 23\ Ca\ 20}$	20	
19	Восточно-Казахстанская обл., Больше-Нарымский район, курорт „Рахмановские ключи"	1755,25 / 173,6	$gflQ_{II-III}$	Валуны	0,5	0,5	—	—	—			
			γPz	Граниты	173,6	173,1	7,8 / +0,2	4,4	1,2—173,6	$M_{0,09}$ $\frac{HCO_3\ 69\ SO_4\ 20\ Cl\ 11}{(Na+K)\ 74\ Ca\ 13\ Mg\ 13}$	21	
20	Семипалатинская обл., Абаевский район, 21 *км* СЗ пос. Бестамак	700 / 70,8	Q_{II-III}	Суглинок со щебнем . .	1,5	1,5	—	—	—			
			O	Песчаники	70,8	70,8	11,0 / 11,0	0,01 / 20,7	11—70,8	$M_{1,7}$ $\frac{SO_4\ 80\ HCO_3\ 11}{(Na+K)\ 70\ Mg\ 17\ Ca\ 13}$	22	
21	Семипалатинская обл., Абаевский район, 27 *км* СВ пос. Бестамак	510 / 20,5	apIQ	Супесь с гравием и галькой	1,0	1,0	—	—	—			
			apIQ	Гравийно-галечные отложения	11,0	10,0	7,3 / 7,3	3,3 / 1,4	6—10			
			N	Глина красно-бурая . .	19,0	8,5	—	—	—			
			S	Порфириты	20,5	1,5	19,0 / 7,3	0,1 / 9,7	19—20,6	$M_{0,6}$ $\frac{SO_4\ 50\ HCO_3\ 35\ Cl\ 15}{(Na+K)\ 65\ Ca\ 20\ Mg\ 15}$	23	

Продолжение приложе. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания по подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
22	Семипалатинская обл, Жарминский район, 15 км ССВ железнодорожной станции Жангиз-Тобе	415 / 230	aIQ	Валунно галечные отложения	19,6	19,6	2,1 / 2,1	1,39 / 2,4	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина светло-желтая	85,0	65,4	85,0 / —	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Гравийно галечные отложения	94,0	9,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина светло-серая	169,0	75,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок с гравием	172 4	3,4	—	—	—			
			N_1ar	Глина светло зеленая	190,0	17,6	—	—	—			
			N_1ar	Песок с гравием	194,0	4,0	190,0 / —	—	—			
			N_1ar	Глиина светло зелеиая	207,0	13,0	—	—	—			
			N_1ar	Валунно галечные отложения	217,0	10,0	—	—	—			
			C_1	Порфирит трещиновый	230,0	13,0	217,0 / 0,3	1,67 / 5,8	217—230	$M_{1,2}$ $\frac{SO_4\,60\ HCO_3\,30\ Cl\,10}{(Na+K)\,78\ Ca\,13}$	24	
23	Восточно-Казахстанская обл, Больше-Нарымский район, на СЗ окраине пос Чингистай	864,1 / 51,0	alQ	Супесь	1,0	1,0	—	—	—			
			alQ	Гравийно галечные отложения с мелкими валунами	18,5	17,5	—	—	—			
			alQ	Суглинок	30,5	12 0	—	—	—			
			aIQ	Песчано гравийно галечные отложения	51,0	20,5	30,5 / +4,15	57,6 / Самоизлив	30,5—50,65	$M_{0,2}$ $\frac{HCO_3\,83,2\ SO_4\,8,5}{Ca\,56,5\ Na\,26,1\ Mg\,17,3}$	25	Наблюдения за дебитом проводились при самоизливе
24	Семнпалатинская обл, Жарминский райои, 25,5 км В пос Бельтерек	458 / 152	Q_{II-III}	Щебенисто дресвяные отложеиия	2,5	2,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина серовато коричневая	5,6	3,1	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок разнозернистый	7,1	1,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина коричневая	63,0	55 9	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Щебенисто-дресвяные отложения	66,0	3,0	63,0 / —	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина пестроцветная с песком	138,0	72,0	—	—	—			
			C_1	Туфы	152,0	14,0	138,0 / 2,6	0,7 / 0,9	138,0—152,0	$M_{5,4}$ $\frac{Cl\,51\ SO_4\,45}{(Na+K)\,58\ Mg\,28\ Ca\,14}$	26	
25	Восточно-Казахстанская обл, Самарский район, пос Палатцы	560 / 36,0	$D_3 — C_1$	Сланцы углисто глинистые	36,0	35,2	4,0 / Самоизлнв	10 / 7,78	4,0—36,0	$M_{0,2}$ $\frac{HCO_3\,69,2\ SO_4\,24,5}{(Na+K)\,51,1\ Ca\,30,6\ Mg\,18,3}$	27	
26	Восточно-Казахстанская обл, 3 км от с Большенарымское	500 / 60,0	aIQ	Суглииок	0,5	0,5	—	—	—			
			aIQ	Гравийно-галечные отложения с валунами	60,0	59,5	1,5 / 1,5	35,7 / 1,1	39,6—49,9	$M_{0,2}$ $\frac{HCO_3\,79\ SO_4\,15,6}{Ca\,60\ (Na+K)\,21,7\ Mg\,18,3}$	28	

Продолжение прилож. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
27	Семипалатинская обл., Абаевский район, 33 км З пос. Шереметьевка	568 / 12	apIQ	Суглинок с гравием и галькой	1,0	1,0	—	—	—			
			apIQ	Галечные отложения с песком разиозернистым	5,9	4,9	2,3 / 2,3	0,6 / 1,2	2,3—5,9	$M_{0,5}$ Cl 57 SO_4 37 / (Na+K) 56 Mg 30 Ca 14	29	
			apIQ	Глина коричневато-бурая плотная	12,0	6,1	—	—	—			
28	Семипалатинская обл., Абаевский район, 40,5 км ЮЗ пос. Карааул	920 / 9	Q_{II-III}	Супесь	0,7	0,7	—	—	—			
			Q_{II-III}	Гравийные отложения .	4,5	3,8	2,2 / 2,2	0,1 / 0,9	2,2	$M_{18,2}$ Cl 52 SO_4 46 / (Na+K) 60 Mg 27 Ca 13	30	
			N	Глина серовато-красная плотная	9,0	4,5	—	—	—			
29	Семипалатинская обл., Абаевский район, 7,5 км В пос. Бирлик	640,0 / 48,0	apIQ	Супесь с гравием и галькой	1,0	1,0	—	—	—			
				Гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем; с глубины 15 м с включением валунов, в интервале 12,6—15 м прослой глины красновато-бурой плотяой	26,5	25,5	15,0 / 9,0	1,7 / 2,2	16,6—20,6	$M_{0,86}$ SO_4 46 HCO_3 39 Cl 15 / Ca 48 (Na+K) 39 Mg 13	31	
			N	Глина красно-бурая плотная	48,0	21,5	—	—	—			
30	Семипалатинская обл., Кокпектинский район, совхоз „Узун-Булакский", 10 км ЗЮЗ пос. Кокпекты	520,0 / 50,1	apIQ	Суглинок	2,0	2,0	—	—	—			
			apIQ	Щебенисто-галечные отложения	4,0	2,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина зеленовато-серая	11,3	7,3	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Щебень с галькой . .	14,7	3,4	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина зеленовато-серая	21,9	7,2	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Щебень с песком . . .	35,0	13,1	21,9 / +1,2	0,06 / 21,3	40,5—45,5	$M_{0,4}$ HCO_3 58 SO_4 36 / Ca 42 (Na+K) 34 Mg 24	32	
			C	Порфириты	50,1	15,1	—	—	—			
31	Семипалатинская обл., Жарминский район, 30 км ЮЗ пос. Шереметьевка	675,0 / 65,1	N	Глина пестроцветная плотная	37,0	37,0	—	—	—			
			S	Сланцы и песчаники .	65,1	28,1	37,0 / 3,6	1,1 / 12,2	37,0—65,0	$M_{5,8}$ SO_4 51 Cl 45 / (Na+K) 65 Ca 19 Mg 16	33	
32	Восточно-Казахстанская обл., Курчумский район, 30 км ЮВ пос. Чердояк	615,0 / 96	Q_{II-III}	Песок	0,7	0,7	—	—	—			
			Pz	Граниты, гранодиориты	96,0	95,3	1,1 / 1,1	1,2 / 15,5	1,1—36,2	$M_{1,5}$ Cl 55,5 HCO_3 39 / Na 63 Mg 27 Ca 10	34	

Продолжение прилож. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, *м* / Глубина скважины, *м*	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, *м*	Мощность слоя, *м*	Глубина появления воды, *м* / Глубина установления уровня воды, *м*	Дебит, *л/сек* / Понижение уровня, *м*	Интервал или глубина опробования, *м*	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
33	Семипалатинская обл., Жарминский район, 22 *км* ЮЗ с. Криуши	740,0 / 107,0	Q_{II-III}	Суглинок	2,5	2,5	—	—	—			
			N	Глина пестроцветная плотная	95,2	92,7	—	—	—			
			Cm	Песчаник трещиноватый	107,0	11,8	95,2 / 11,0	0,2 / 21,0	95,0—107,0	$M_{6,7}$ $\frac{Cl\ 57\ SO_4\ 40}{(Na+K)\ 55\ Mg\ 27\ Ca\ 18}$	35	
34	Семипалатинская обл., Кокпектинский район, 36 *км* ЮВ пос. Караоткель	395,5 / 30,0	Q_{II-III}	Песок мелкозернистый	7,0	7,0	2,0 / 2,0	1,4 / 14,0	2,0—7,0	$M_{0,65}$ $\frac{HCO_3\ 61,0\ Cl\ 27\ SO_4\ 11,9}{Ca\ 55,9\ (Na+K)\ 39\ Mg\ 5,1}$	36	
			Q_{II-III}	Суглинок	9,0	2,0	—	—	—			
			Q_{II-III}	Песок	14,0	5,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина бурая	15,0	1,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок разнозернистый	20,0	5,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина желтовато-бурая	23,0	3,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Гравийно-галечные отложения	26,0	3,0	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина желто-бурая	30,0	4,0	—	—	—			
35	Восточно-Казахстанская обл., Маркакольский район, 30 *км* З с. Алексеевка	895,0 / 70,0	Q_{II-III}	Суглинок со щебнем	2,0	2,0	—	—	—			
			D_{2-3}	Кварцево-серицито-хлоритовые сланцы	70,0	68,0	6,2 / 6,2	0,4 / 13,2	6,2—70	$M_{0,28}$ $\frac{HCO_3\ 51\ SO_4\ 22\ CO_3\ 16}{Ca\ 70\ (Na+K)\ 15\ Mg\ 15}$	37	
36	Семипалатинская обл., Аягузский район, 19 *км* СЗ г. Аягуз	780,0 / 89,0	N	Глина серовато-коричневая плотная, в интервале 8,5—9,5 *м* с прослоем песка	13,0	13,0	—	—	—			
			Pg	Конгломерат	14,4	1,4	—	—	—			
			Cm	Туфопесчаники	28,6	14,2	28,6 / +0,7	0,4 при самоизливе	—	$M_{0,5}$ $\frac{HCO_3\ 70\ Cl\ 20\ SO_4\ 10}{Ca\ 50\ Mg\ 25\ (Na+K)\ 25}$	38	
			Cm	Туфы	89,0	60,4	—	—	—			
37	Восточно-Казахстанская обл., Кокпектинский район, 30 *км* Ю с. Прохладное	426,0 / 118,5	ap1Q	Суглинок	1,0	1,0	—	—	—			
			ap1Q	Гравийно-галечные отложения	11,5	10,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина желто-корничневая	13,6	2,1	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Гравийно-галечные отложения	15,0	1,4	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина желто-коричневая	16,8	1,8	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Песок разнозернистый	24,0	7,2	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина желто-коричневая	45,5	21,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина пестроцветная	101,2	55,7	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Галечно-гравийный слой	103,0	1,8	101,2 / 9,33	3,0 / 1,5	101,2—103	$M_{0,6}$ $\frac{HCO_3\ 60,8\ Cl\ 21,6\ SO_4\ 17,6}{(Na+K)\ 40,8\ Ca\ 38,8\ Mg\ 20,4}$	39	
			$N_{1-2}pv$	Глина серовато-голубая	108,5	5,5	—	—	—			
			D_{2-3}	Кремнистые сланцы	118,5	10,0	—	—	—			

Продолжение прилож. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, *м* / Глубина скважины, *м*	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, *м*	Мощность слоя, *м*	Глубина появления воды, *м* / Глубина установления уровня воды, *м*	Дебит, *л/сек* / Понижение уровня, *м*	Интервал или глубина опробования, *м*	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
38	Восточно-Казахстанская обл., Зайсанский район, 12 *км* СВ пос. Белая Могила	397,0 / 27,0	Cr_2 — Pg	Глина серая	21,0	21,0	—	—	—			
			Cr_2 — Pg	Песок мелкозернистый .	24,0	3,0	21,0 / 16,0	0,33 / 4,0	21,0—24,0	$M_{0,4}$ $\frac{HCO_3 56{,}2\ Cl\ 23{,}2\ SO_4\ 20{,}6}{Ca\ 45{,}8\ (Na+K)\ 41{,}0\ Mg\ 13{,}2}$	40	
			Cr_2 — Pg	Глина светло-коричневая	27,0	3,0	—	—	—			
39	Восточно-Казахстанская обл., Маркакольский район, 15 *км* СВ пос. Буран	466,9 / 40,0	apIQ	Галечно-гравийные отложения	7,5	7,5	2,0 / 2,0	0,62 / 1,8	1,2—4,0	$M_{0,28}$ $\frac{HCO_3\ 74\ SO_4\ 15\ Cl\ 11}{Ca\ 65\ Mg\ 24\ (Na+K)\ 11}$	41	Фильтр проволочный, на глубине 1,2—4 *м*, $K_ф$ = =6,2 *м/сутки*
			N_2vt	Глина красновато-бурая	40,0	32,5	—	—	—			
40	Восточно-Казахстанская обл., Маркакольский район, 12 *км* СЗ пос. Буран	441,0 / 200,0	apIQ	Суглинок	5,0	5,0	—	—	—			
			Pg	Глина зеленовато-серая	75,0	70,0	—	—	—			
			Pg	Песок грубозернистый	81,0	6,0	75,0 / 11,9	4,2 / 6,4	75,0—81,0	$M_{0,61}$ $\frac{SO_4\ 61\ HCO_3\ 27\ Cl\ 12}{Na\ 46\ Ca\ 38\ Mg\ 16}$	42	
			Pg	Глина зеленовато-серая	90,0	9,0	—	—	—			
			Pg	Песок грубозернистый .	108,0	18,0	—	—	—			
			Cr_2—Pg	Глина голубовато-серая	158,0	50,0	—	—	—			
			elMz	Глина буровато-зеленая	190,0	32,0	—	—	—			
			Pz	Сланец глинистый . .	200,0	10,0	—	—	—			
41	Семипалатинская обл., Аягузский район, 25 *км* ЗСЗ пос. Коммунар	590,0 / 95,0	Q_{II-III}	Валунно-галечно-песчаные отложения . .	51,5	51,5	16,2 / 16,2	6,5 / 15,6	16,2	$M_{1,7}$ $\frac{SO_4\ 64\ Cl\ 20\ HCO_3\ 16}{(Na+K)\ 58\ Ca\ 28\ Mg\ 14}$	43	
			Q_{II-III}	Глина темно-серая плотная	52,0	0,5	—	—	—			
			D	Песчаники, конгломераты	95,0	43,0	—	—	—			
42	Восточно-Казахстанская обл., Тарбагатайский район, 15 *км* ЮВ пос. Омирлик	480,0 / 263,6	$N_{1-2}pv$	Суглинок	1,5	1,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Глина темно-бурая и красно-бурая . . .	65,0	64,5	—	—	—			
			$N_{1-2}pv$	Алеврит светло-серый	108,0	43,0	65,0 / Самоизлив	0,16 / —	65,0—108,0	$M_{6,6}$ $\frac{SO_4\ 80{,}2\ HCO_3\ 4{,}8\ Cl\ 15}{(Na+K)\ 65{,}2\ Ca\ 21\ Mg\ 13{,}8}$	44	Самоизлив
			Pg	Глина пестроцветная .	263,6	155,6	—	—	—			
43	Восточно-Казахстанская обл., Зайсанский район, 21 *км* ЮВ пос. Буран	495,0 / 259,0	Pg	Пески разнозернистые .	0,5	0,5	—	—	—			
			Pg	Глина пестроцветная . .	16,0	15,5	—	—	—			
			Pg	Пески мелкозернистые .	20,0	4,0	—	—	—			
			Pg	Глина пестроцветная .	47,0	27,0	—	—	—			
			Pg	Песчаники мелкозернистые	50,0	3,0	—	—	—			
			Pg	Глина зеленовато-серая с прослоями песков мощностью от 60—80 *см* до 2 *м* . . .	72,0	22,0	—	—	—			

Продолжение прилож. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, *м* / Глубина скважины, *м*	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, *м*	Мощность слоя, *м*	Глубина появления воды, *м* / Глубина установления уровня воды, *м*	Дебит, *л/сек* / Понижение уровня, *м*	Интервал или глубина опробования, *м*	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
			Pg	Алевриты с песчано-гравийными прослоями в интервале 74—74,8 и 91—94 *м* . .	113,8	41,8	91 / 18,7	—	—			Фильтр перфорированный с проволочной обмоткой диаметром 146 *мм* общей длиной 9 *м*
			Pg	Пески крупнозернистые	129,5	15,7	115,2 / 14,8	1,36 / 8,21	91—95,75 115,2—119,45	$M_{0,4}\frac{HCO_3\,68\ SO_4\,18\ Cl\,12}{(Na+K)\,80\ Ca\,16\ Mg\,3}$		
			Pg	Глины пестроцветные .	153,0	23,5	—	—	—			
			Cr_2 — Pg	Алевриты	170,5	17,5	—	—	—			
			Cr_2 — Pg	Песчаник среднезернистый с прослоями глин пестроцветных .	175,0	4,5	—	—	—			
			Cr_2 — Pg	Глина пестроцветная с песком и мелкой дресвой	226,0	51,0	—	—	—			
			Cr_2 — Pg elMz	Аргиллиты	233,5	7,5	—	—	—			
			Pz	Глины пестроцветные и белые	240,5	7,0	—	—	—			
				Песчаник	259,0	18,5	—	—	—			
44	Семипалатинская обл., Чубартауский район, 15 *км* ЮВ пос. Маданият	560,0 / 90,0	aplQ	Галечно-песчаные отложения	15,5	15,5	5,0 / 2,0	8,0 / 8,08	5,0—15,5			
			aplQ	Глины плотные . . .	29,0	13,5	—	—	—			
			aplQ	Гравийно-галечные отложения	50,5	21,5	—	—	—			
			N	Глины светло-серые . .	62,0	11,5	—	—	—			
			N	Песок грубозернистый .	77,0	15,0	62,0 / 4,3	5,5 / 5,2	62,0—68,0	$M_{5,0}\frac{Cl\,69\ SO_4\,29}{(Na+K)\,49\ Ca\,32}$	45	
			C	Туфоконгломераты . .	90,0	13,0	77,0 / 2,5	3,5 / 3,2	77,0—90,0			
45	Восточно-Казахстанская обл., Зайсанский район, 15 *км* СВ пос. Карабулак	450,0 / 1686,0	aplQ	Галечные отложения .	222,0	222,0	—	—	—			
			N_{1-2}pv	Глина красно-бурая . .	716,0	494,0	—	—	—			
			N_1srb	Пески	939,0	223,0	718,0 / 40,75	2,12 / 43,25	40,75	Общая минерализация 0,7 *г/л*		
			N_1ar	Глины светло-зеленые .	1090,0	151,0	—	—	—			
			Pg	Пески, алевриты . . .	1187,0	97,0	—	—	—			
			Pg	Алевролиты, пески, глины	1377,0	190,0	—	—	—			
			Cr_2 — Pg	Глины пестроцветные .	1573,0	196,0	—	—	—			
			P	Базальт	1686,0	113,0	—	—	—			
46	Восточно-Казахстанская обл., Зайсанский район, пос. Каратал	516,9 / 40,0	aplQ	Суглинок с включением дресвы и гравия . .	0,5	0,5	—	—	—			
			aplQ	Валунно-галечные отложения	24,0	23,5	—	—	—			
			aplQ	Пески с дресвой и гравием	27,0	3,0	–	—	—			
			aplQ	Валунно-галечные отложения	40,0	13,0	27,0 / 6,9	5,0 / 2,2	27,65—34,05	$M_{0,3}\frac{HCO_3\,55\ SO_4\,37\ Cl\,8}{Ca\,68\ Mg\,28\ (Na+K)\,4}$	46	

Продолжение приложе. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
47	Восточно-Казахстанская обл., Тарбагатайский район, 27 км ЗСЗ пос. Акжар	590,0 / 210,0	Q_{II-III}	Суглинок	3,0	3,0		—	—			
			$Cr_2 — Pg$	Глина пестроцветная .	79,0	76,0		—	—			
			$Cr_2 — Pg$	Песок разнозернистый .	89,0	10,0		—	—			
			$Cr_2 — Pg$	Глина пестроцветная .	182,0	93,0			—			
			elMz	Кора выветривания . .	182,7	8,7		—				
			C	Туфы	210,0	27,3	182,7 / +0,4	0,1 / 60,0	182,7 — 210,0	$M_{2,98}$ $\frac{SO_4\ 70\ Cl\ 26,5}{(Na+K)\ 84,4}$	47	
48	Восточно-Казахстанская обл., Тарбагатайский район, 18 км ЗЮЗ пос. Терсайрык	1800,0 / 145,0	aplQ	Валунно-галечные отложения	7,3	7,3			—			
			$N_{1-2}pv$	Глина пестроцветная с песчаными прослоями в интервале 113—145 м	145,0	137,7	113 / +7	2,5 / Самоизлив	113,0	$M_{0,6}$ $\frac{HCO_3\ 81,8\ SO_4\ 11,4\ Cl\ 6,8}{Na\ 52,4\ Ca\ 36,6\ Mg\ 16,0}$	48	
49	Восточно-Казахстанская обл., Тарбагатайский район, 9 км СЗ пос. Жанаталап	1250,0 / 92,3	Q_{II-III}	Щебенистые отложения с галькой и гравием	23,0	23,0		—	—			
			Q_{II-III}	Суглинок со щебнем .	24,5	1,5						
			Q_{II-III}	Гравийно-галечные отложения	40,0	15,5	—					
			Q_{II-III}	Глина темно-желтая .	84,0	44,0	—					
			Q_{II-III}	Мелкогалечные отложения	85,5	1,5	84,0 / 24,5	1,93 / 19,7	82,4—86,7	$M_{1,6}$ $\frac{Cl\ 57\ SO_4\ 39}{(Na+K)\ 65\ Ca\ 28}$	—	
			N_2vt	Глина грязно-зеленая с включением гравия .	90,0	4,5	-					
			N_2vt	Песок	92,3	2,3	90,0 / 24,5		-			
50	Восточно-Казахстанская обл., Тарбагатайский район, пос. Чиликты	1410,0 / 109,0	aplQ	Гравийно-галечные отложения с дресвой и мелкими валунами в интервалах 21—22, 29—30 и 34—37 м .	48,0	48,0						
			N_2vt	Глина красно-бурая с гравием и дресвой .	92,45	46,45	—	-				
			N_2vt	Песок с гравием . . .	101,0	8,55	92,45 / 16,0	17,5 / 16,0	92,45 — 101,0	$M_{0,2}$ $\frac{HCO_3\ 70,6}{Ca\ 43,5\ Mg\ 29,4}$		
			N_2vt	Глина темно-серая . .	107,0	6,0		-				
			N_2vt	Песок с гравием . . .	109,0	2,0						

Продолжение приложе. 1

№ скважины по карте	Местонахождение скважины	Отметка устья скважины, м / Глубина скважины, м	Индекс геологического возраста	Краткое литологическое описание пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Глубина появления воды, м / Глубина установления уровня воды, м	Дебит, л/сек / Понижение уровня, м	Интервал или глубина опробования, м	Химический состав воды, формула Курлова	№ химического анализа по таблице химических анализов	Примечания
51	Восточно Казахстанская обл., Тарбагатайский район 10,5 км ЮЗ пос Чиликты	1101 0 / 57 2	apIQ	Суглинок	2 0	2 0	—	—	—			
			apIQ	Гравийно галечные отложения	9,0	7 0	—	—	—			
			apIQ	Суглинок	10 0	1 0	—	—	—			
			apIQ	Гравийно галечниковые отложения	20,5	10 5	—	—	—			
			apIQ	Суглинок	21,5	1 0	—	—	—			
			apIQ	Гравийно галечниковые отложения	57,2	35 7	22,0 / 3 0	3,75 / 1,4	27,0—30,8	$M_{0,3}$ Cl 47,3 HCO_3 43,6 / Ca 43,6 (Na+K) 36,4		
52	Семипалатинская обл Урджарский район 51 км ЮЗ пос Маканчи	359 0 / 15,6	lQ_{II-IV}	Суглинок	0 5	0 5	—	—	—			
			lQ_{II-IV}	Супесь	3 4	2,9	—	—	—			
			$lQ_{II\ IV}$	Песок мелкозернистый	4 7	1 3	3,4 / 3 4	0,2 / 3,0	3,8—7,6	$M_{12,6}$ Cl 66 SO_4 30 HCO_3 4 / (Na+K) 67 Mg 26 Ca 7	49	
			$lQ_{II\ IV}$	Супесь	15 6	10,9	—	—	—			
53	Семипалатинская обл Урджарский район 45 км ЮЗ пос Маканчи	350 0 / 14,4	$lQ_{II\ IV}$	Суглинок и супесь	5 2	5 2		—	—			
			$lQ_{II\ IV}$	Песок грубозернистый	9 3	4 1	2 7 / 2,7	0,3 / 2,9	6,5—10,3	$M_{14,8}$ Cl 72 SO_4 25 HCO_3 3 / Mg 63 (Na+K) 25	50	
			$lQ_{II\ IV}$	Супесь	12 8	3 5	—	—	—			
			$lQ_{II\ IV}$	Глина бурая	14 4	1 6	—	—	—			
54	Семипалатинская обл Маканчинский район 5 км СВ с Джарбулак	400 0 / 299 5	laIQ	Песчано щебенистые отложения	10,0	10 0	—	—	—			
			laIQ	Галечные и валунно галечные отложения	82,2	72,2		—	—			
			laIQ	Глина буровато серая и светло серая	151 9	69 7						
			laIQ	Супесь	162 9	11,0	-	—	—			
			laIQ	Суглинок	187 3	24 4	-		-			
			N_2vt	Аргиллитоподобная глина буровато серая	238 0	50,7	—		—			
			N_2vt	Галечные отложения	280 8	12 8	238 0 / 15,0	50,0 / Самоизлив	238,0—280,0	Общая минерализация 0,5 г/л		
			N_2vt	Конгломераты	284,0	3 2	—	—				
			$N\ vt$	Глина желтовато серая	299 5	15 5	—	—	—			

Приложение 2

Каталог химических анализов подземных вод

№ водопункта по карте и каталогу	№ химанализа	Геологический индекс опробованного водоносного горизонта	Интервал опробования, *м* / Год отбора проб	pH / Окисляемость *мг/л* O_2	Сухой остаток, *мг/л*	Жесткость, *мг экв/л* общая / карбонатная	Содержание основных компонентов, *мг/л*, *мг-экв*, *мг-экв %*						Содержание второстепенных компонентов, *мг/л*	Примечания
							Cl	SO_4^{2-}	HCO_3^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
1	1	$N_2^V kc$	141,50—146,0 / 1950	Н с	300,0	2,0 / 2,0	15,32 0,4 8,0	62,0 1,0 23,0	219,6 3,6 69,0	70,0 3,0 58,0	35,0 1,8 35,0	4,5 0,2 7,0	NH_4 0,004	Анализ взят из скв. 68 (расположенной рядом)
2	2	$N_2^V kc$	97,0—111,0 / 1950	Н с	140,0	1,74 / 1,74	5,32 0,15 6,0	20,0 0,4 15,0	125,9 2,06 79,0	20,0 0,87 33,0	27,0 1,34 51,0	5,0 0,4 16,0	NH_4 0,01 NO_2 0,001	
3	3	$Q_{II-III}ksm$	87,4—96,5 / 1963	7,4 / —	352,0	2,8 / 1,8	25,00 0,7 12,0	156,3 3,26 57,0	109,8 1,8 31,0	68,0 2,96 52,00	36,0 1,8 31,0	12,2 1,0 17,0	NO_2 0,05	Коли-титр 0,4 колк-индекс 2380
4	4	$N_{1-2}pv$	110,7—116,3 / 1962	7,7 / —	772,0	7,2 / 2,6	114,0 3,2 25,0	336,0 7,0 55,0	159,0 2,6 20,0	129,0 5,6 44,0	64,0 3,2 25,0	49,0 4,0 31,0	NH_4 0,3 NO_2 0,01	
5	5	$N_2^V kc$	54,0 / 1960	7,2	306,0	5,2 / 3,0	21,3 0,6 11,0	58,0 1,17 22,0	183,0 3,0 56,0	13,1 0,57 11,0	72,0 3,6 67,0	14,0 1,2 22,0	NH_4 1,0 NO_2 0,02 CO_3 18	Анализ взят по скв. 128, расположенной рядом и вскрывшей тот же водоносный горизонт
6	6	$alQ_{II-III}ksm$	41,2—50,0 / 1963	7,3 / —	1320,0	12,0 / 2,6	213,0 6,0 28,0	604,0 12,6 59,0	158,6 2,6 13,0	211,6 9,2 43,0	168,0 8,4 40,0	44,0 3,6 17,0	NO_2 0,08 NO_4 0,6	
7	7	D_{2-3}	2,5 / Н с	7,2 / Н с	143,0	1,6 / 1,6	2,0 0,056 2,0	13,44 0,28 12,0	122,0 2,0 86,0	21,98 0,74 31,0	20,0 1,0 43,0	7,3 0,6 25,6	CO_2 св. 11,0 NH_4 0,42 NO_3^-, CO_3^{2-} CO_2 св. нет	
8	8	Q_{II-III}	34,0—44,0 / 1964	7,2 / —	222,0	2,92 / 2,92	6,0 0,17 4,0	16,64 0,35 8,0	219,6 3,6 88,0	28,29 1,23 30,0	41,48 2,07 50,0	10,34 0,85 20,0	CO_2 св. 17,6 CO_2 агр. 8,8 NO_2 0,01 NO_3 2,2 Fe^{3+} 0,01 Fe^{2+} 0,01	
9	9	P_2	22,5—50,5 / 1964	7,4 / —	231,0	2,15 / 2,45	8,0 0,23 6,0	18,5 0,39 10,0	207,4 3,4 84,0	36,11 1,57 38,9	37,27 1,86 46,1	7,17 0,59 15,0	CO_2 св. 11 CO_2 агр. 8,8 NH_4 0,12 Fe^{2+} 0,02 Fe^{3+} 0,03 NO_2 сл. NO_3^- 0,62 CO_3^{2-} — нет	

Продолжение приложж. 2

№ водопункта по карте и каталогу	№ химанализа	Геологический индекс опробованного водоносного горизонта	Интервал опробования, *м* / Год отбора проб	pH / Окисляемость, *мг/л* O_2	Сухой остаток, *мг/л*	Жесткость, *мг-экв/л* общая / карбонатная	Содержание основных компонентов, *мг/л*, *мг экв*, *мг экв %*						Содержание второстепенных компонентов, *мг/л*	Примечания
							Cl	SO_4^{2-}	HCO_3^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
9	10	Pz	10,5—60,0 / 1967	7,3 / —	258,0	4,2 / 4,2	10,0	17,28	256,2	28,06	52,5	13,01	NH_4^+ 0,4 Fe^{2+} 0,01 Fe^{3+} 0,01 Cu^{2+} 0,01	
							0,28 5,7	0,36 7,3	4,2 85,2	1,22 24,6	2,63 53,1	1,07 21,6	CO_2 св. 26,4 CO_2 агр. 4,4	
10	11	aIQ	5,0—13,9 / 1966	7,5 / 1,6	134,0	1,4 / 1,4	2,8 0,08	23,04 0,48	85,43 1,4	17,75 0,71	24,05 1,2	2,43 0,2	Коли-титр 333 CO_2 агр. 8,8 NO_3 0,15	
							3,8	22,7	66,3	33,6	56,9	9,5		
11	12	D_{2-3}	21,8—93,6 / 1964	— / 0,16	338,0	4,55 / 4,55	3,55 0,1 1,7	13,99 0,29 4,9	284,35 4,66 79,4	33,0 1,32 22,4	66,13 3,3 56,3	15,2 1,25 21,3		
12	13	C	58,0—67,0 / —	—	3660,0	38,0 / 5,0	1881,5 53,0 80,0	379,2 7,9 12,0	305,0 5,0 8,0	736,0 32,0 64,0	250,0 17,5 18,0	261,0 21,4 18,0		
13	14	aIQ	52,5—63,0 / 1963	6,7 / —	439,0	6,2 / 6,2	21,0 0,6 4,0	50,0 1,05 15,0	418,0 6,85 81,0	52,0 2,08 24,0	80,0 4,0 47,0	27,0 2,2 29,0		
14	15	C	28,0—98,0 / —	—	476,0	7,2 / 5,9	129,1 3,5 36,6	— — —	360,0 5,9 63,4	5,4 2,3 26,0	109,5 5,4 56,4	21,5 1,7 17,6		
15	16	$D_3 - C_1$	75,0—81,65 / —	—	316,0	4,5 / 3,7	44,0	45,0	226,0	39,5	54,0	19,0	NO_2 0,2 NH_4 0,1	
							1,25	0,93	3,7	1,58	2,7	1,6	NO_3 есть CO_2 13,0	
							21,3	15,8	62,9	26,9	45,9	27,2		
16	17	aIQ	3,5—37,0 / 1965	7,3 / —	142,0	1,8	10,64	11,52	93,97	17,0	22,04	6,08	CO_3 3,6 NO_3 5,0	
							0,3 14,0	0,24 12,0	1,54 74,0	0,68 33,0	1,1 53,0	0,50 14,0	CO_2 св. 6,6	
17	18	aIQ	67,0—90,0 / Н. с.	—	300,0	3,6 / 3,6	8,0 0,22 5,0	22,69 0,45 10,0	244,0 4,0 85,0	25,0 1,01 23,0	56,71 2,8 60,0	9,7 0,8 17,0		
17	19	aIQ	50—85—120 / Н. с.	—	300,0	4,3 / 4,3	4,0 0,13 2,6	10,24 0,2 3,9	232,8 4,8 93,5	19,09 0,2 16,2	63,08 3,15 61,4	13,5 1,15 22,4		
18	20	C	30,0—95,0 / 1963	7,6 / 1,6	600,0	4,4 / 4,4	63,9	157,9	317,2	135,7	40,0	28,2	CO_2 св. 5,8 NH_4 0,4	
							1,8 17,0	3,3 32,0	5,2 51,0	5,9 57,0	2,0 20,0	2,4 23,0	SiO_2 14,0	

Продолжение прилож. 2

№ водопункта по карте и каталогу	№ химанализа	Геологический индекс опробованного водоносного горизонта	Интервал опробования, м / Год отбора проб	pH / Окисляемость, мг/л O_2	Сухой остаток, мг/л	Жесткость, мг·экв/л общая / карбонатная	Содержание основных компонентов, мг/л, мг экв, мг экв %						Содержание второстепенных компонентов, мг/л	Примечания
							Cl	SO_4^{2-}	HCO_3^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
19	21	Pz	1,2—173,6 / 1961	8,1 / —	91,0	0,4 / 0,4	6,0 0,17 11,0	15,0 0,31 20,0	67,0 1,1 69,0	27,0 1,18 74,0	4,0 0,2 13,0	2,0 0,2 13,0		
20	22	O	11,0—70,8 / 1963	—	1 700,0	7,6 / 2,8	58,1 2,4 9,0	982,7 20,5 80,0	170,8 2,8 11,0	417,2 18,14 70,0	68,1 3,4 13,0	51,1 4,2 17,0		
21	23	S	19,0—20,6 / 1963	—	600,0	3,4 / 3,4	53,2 1,5 15,0	229,6 4,79 50,0	227,4 3,4 35,0	144,7 6,29 65,0	40,7 2,0 20,0	17,0 1,4 15,0		
22	24	C_1	218,0—230,0 / —	7,0 / —	1 192,0	4,0 / 4,0	67,4 1,9 10,0	542,4 11,3 60,0	341,6 5,6 30,0	340,4 14,8 78,0	48,0 2,4 13,0	19,2 1,6 9,0	NO_3 1,0 NH_4 0,3	
23	25	aIQ	30,5—50,65 / —	—	200,0	2,8 / 2,8	11,4 0,3 8,3	16,0 0,3 8,5	196,4 3,2 83,2	23,2 1,0 26,1	43,8 2,18 56,5	8,2 0,62 17,3		
24	26	C_1	138,0—152,0 / —	—	5 370,0	44,0 / 4,0	1914,0 54,0 51,0	1304,0 48,0 45,0	244,0 4,0 4,0	1426,0 62,0 58,0	292,6 14,6 14,0	352,0 29,4 28,0	NO_2 0,1	
25	27	$D_3 - C_1$	4,0—36,0 / —	—	180,0	1,6 / 1,6	8,0 0,22 6,3	30,7 0,85 24,5	146,0 2,4 69,2	38,4 1,67 51,1	20,0 1,0 30,6	7,29 0,6 18,3	NH_4 0,4 Fe^{3+} 0,028 Fe^{2+} 0,04	Самоизливается
26	28	aIQ	39,6—49,9 / 1967	6,8 / —	198,0	3,1 / 3,1	7,5 0,21 5,0	30,0 0,62 15,0	191,5 3,14 80,0	19,8 0,86 22,0	47,6 2,38 59,0	8,9 0,73 19,0		
27	29	apIQ	2,3 - 5,9 / Н. с.	6,8 / 1,2	500,0	5,33 / 4,5	17,7 0,5 57,0	155,5 3,24 37,0	274,5 4,5 6,0	64,4 2,8 56,0	77,3 3,86 14,0	17,9 1,47 30,0	NH_4 2,5 SiO_2 10,0 F 0,6	
28	30	Q_{II-III}	2,2—4,5 / Н. с.	Н. с.	18 200,0	117,6 / 6,6	5452,8 153,6 52,0	6508,0 135,5 46,0	402,6 616,0 2,0	4096,3 178,1 60,0	780,0 39,0 27,0	960,0 78,6 13,0	CO_2 св. 17,4 SiO_2 20,2 F 1,4	
29	31	apIQ	16,6—20,6 / —	Н. с.	860,0	7,23 / 4,9	59,9 1,69 15,0	252,2 5,25 46,0	298,9 4,9 39,0	107,2 4,66 39,0	113,6 5,67 48,0	19,0 1,56 13,0	Н. с.	

Продолжение прилож. 2

№ водопункта по карте и каталогу	№ химанализа	Геологический индекс опробованного водоносного горизонта	Интервал опробования, *м* / Год отбора проб	pH / Окисляемость, *мг/л* O_2	Сухой остаток, *мг/л*	Жесткость, *мг·экв/л* общая / карбонатная	Содержание основных компонентов, *мг/л*, *мг·экв*, *мг·экв %*						Содержание второстепенных компонентов, *мг/л*	Примечания
							Cl	SO_4^{2-}	HCO_3^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
30	32	C	40,5—45,5 / 1958	—	400,0	4,4 / 3,8	14,2 0,4 6,0	115,2 2,4 36,0	231,8 3,8 58,0	50,6 2,2 34,0	56,0 2,8 42,0	19,5 1,6 24,0		
31	33	S	37,0—65,0 / 1963	7,2 / Н. с.	5800,0	32,0 / 3,4	1480,3 41,7 45,0	2272,5 47,34 51,0	146,5 3,4 4,0	1390,0 60,44 65,0	352,0 17,6 19,0	175,6 14,4 16,0	NH_4 1,5 SiO_2 6,0 F 1,4	
32	34	dplQ	1,1—36,2 / —	—	1500,0	10,9 / 10,4	546,0 14,4 55,5	90,0 1,9 5,5	635,0 10,4 39,0	363,0 15,8 63,0	68,0 3,4 10,0	91,0 7,5 27,0		
33	35	Cm	95,0—107,0 / 1963	7,2 / 6,1	6700,0	50,2 / 3,2	2227,0 64,0 57,0	2129,4 44,36 40,0	195,2 3,2 3,0	1411,2 61,36 55,0	396,0 19,8 18,0	370,0 30,4 27,0	NO_2 0,02 NH_4 6,0 SiO_2 6,0 F 1,6	
34	36	Q_{II-III}	2,0—7,0 / —	7,6 / —	655,0	5,2 / 5,2	113,5 3,2 27,1	67,5 1,4 11,9	439,0 7,2 61,0	115,0 4,6 39,0	132,3 6,6 55,9	7,3 0,6 5,1		
35	37	D_{2-3}	6,2—7,0 / —	8,2 / —	280,0	4,34 / 3,8	7,1 0,2 19,0	53,5 1,11 22,0	235,0 3,8 59,0	19,3 0,77 15,0	72,1 3,6 70,0	9,0 0,74 15,0	$NH_4 < 0,1$ CO_2 св. 3,5	
36	38	Cm	Самоизлив / 1963	Н. с.	468,0	3,3 / 3,2	28,7 0,81 20,0	19,7 0,41 10,0	195,2 3,2 70,0	264,0 1,12 25,0	44,1 2,2 50,0	13,4 1,1 25,0		
37	39	$N_{1-2}pv$	101,2—103,0 / —	7,4 / —	567,4	6,1 / 6,1	78,0 2,2 21,6	90,0 1,8 17,6	378,3 6,2 60,8	104,50 4,18 40,8	80,16 4,0 38,8	25,5 2,1 20,4		
38	40	Cr_2 — Pg	21,0—24,0 / —	—	356,0	3,85 / 3,67	54,0 1,57 23,2	65,0 1,35 20,6	224,0 3,67 56,2	64,0 2,68 41,0	60,0 2,98 45,8	11,0 0,87 13,2		
39	41	aplQ	1,2—4,0 / —	7,2 / —	280,0	4,8 / 4,0	21,2 0,6 11,0	38,5 0,8 15,0	244,0 5,0 74,0	15,0 0,6 11,0	70,0 3,5 65,0	15,8 1,3 24,0		
40	42	Pg	75,0—81,0 / —	7,1 / —	610,0	5,3 / 2,6	42,6 1,2 12,0	286,0 5,96 61,0	158,7 2,6 27,0	111,5 4,46 46,0	74,4 3,71 38,0	19,3 1,59 16,0	CO_2 св. 7 NH_4 0,17	
41	43	Q_{II-III}	16,2 / Н. с.	7,1 / 0,8	1700,0	10,46 / 4,0	177,3 5,0 20,0	761,2 15,85 64,0	244,0 4,0 16,0	331,3 14,41 58,0	139,1 6,94 28,0	42,8 3,52 14,0	NO_3 1,0 NH_4 0,2 SiO_2 14 F 0,9	

Продолжение прилож. 2

№ водопункта по карте и каталогу	№ химанализа	Геологический индекс опробованного водоносного горизонта	Интервал опробования, м / Год отбора проб	pH / Окисляемость, мг/л O_2	Сухой остаток, мг/л	Жесткость, мг-экв/л общая / карбонатная	Содержание основных компонентов, мг/л, мг-экв, мг-экв %						Содержание второстепенных компонентов, мг/л	Примечания
							Cl	SO_4^{2-}	HCO_3^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
42	44	$N_{1-2}pv$	65,0—108,0 / —	—	6 600,0	—	22,8 0,65 15,0	4102,0 85,5 80,2	317,0 5,2 5,0	1594,0 57,45 65,2	448,0 22,4 21,0	177,0 15,0 19,8		
44	45	N	62,0—68,0 / 1962	6,9 / —	5 000,0	36,0 / 1,3	2009,5 56,67 69,0	1259,0 26,22 29,0	79,3 1,3 2,0	1107,4 48,15 49,0	380,8 19,0 32,0	206,7 17,0 19,0	NH_4 1,2 SiO_2 4	
46	46	aplQ	27,65—34,05 / 1963	8 / —	256,67	4,5 / 2,6	14,18 0,4 8,0	80,00 1,67 36,0	158,65 2,6 56,0	4,25 0,17 4,0	64,13 3,2 68,0	15,81 1,3 28,0	CO_2 св. 22	
47	47	C	182,7—210,0 / —	—	2 980,0	6,7 / 1,4	411,3 21,27 26,5	1472,8 30,77 70,0	85,43 1,4 3,5	930,0 37,2 84,4	74,15 3,7 8,0	36,48 3,0 7,6		
48	48	$N_{1-2}pv$	113 / —	—	647,0	6,3 / 6,3	42,0 1,2 6,8	70,0 1,46 11,4	512,0 8,4 81,8	119,0 4,76 52,4	86,0 4,3 36,6	24,0 2,0 16,0		
52	49	lQ_{II-IV}	3,8—7,6 / 1961	—	12 600,0	71,12 / 9,3	4958,4 139,8 66,0	3076,0 64,05 30,0	567,3 9,3 4	3269,2 142,4 67	308,2 15,38 7,0	677,8 55,74 26,0		
53	50	lQ_{II-IV}	6,5—10,3 / 1961	—	14 780,0	201,14 / 6,8	6891,3 194,34 72,0	3213,4 66,9 25,0	414,8 6,8 3,0	1544,8 67,17 25,0	641,3 32,0 12,0	2056,70 169,14 63,0		

ЛИТЕРАТУРА

Алещенко А., Борисова М. Карта основных водоносных горизонтов и комплексов Казахстана. М., Госгеолтехиздат, 1964.

Антыпко Б. Е. О южной границе палеогенового моря на юге Западной Сибири. Докл. АН СССР, 1959, т. 126, № 3.

Ахмедсафин У. М. Напорные воды некоторых районов Казахстана. Изв. АН КазССР, серия геол., 1952, вып. 15.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды Казахстана и перспективы их использования в *народном хозяйстве в шестой* пятилетке. В кн. «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, изд-во АН КазССР, 1957а.

Ахмедсафин У. М. Ресурсы подземных вод засушливых районов Казахстана и пути их использования для обводнения пастбищ, водоснабжения и оазисного орошения. Вести. АН КазССР, 1957б, № 4.

Ахмедсафин У. М. Карта прогноза артезианских бассейнов Казахстана. Вестн. АН КазССР, 1959, № 11.

Ахмедсафин У. М. Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана. Алма-Ата, изд-во АН КазССР, 1961.

Ахмедсафин У. М. Прогнозные карты артезианских и грунтовых вод Казахстана. Вестн. АН КазССР, 1963, № 10.

Ахмедсафин У. М. Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. Алма-Ата, изд-во «Наука», 1964а.

Ахмедсафин У. М. Сток подземных вод Казахстана. Алма-Ата, изд-во «Наука», 1964б.

Ахмедсафин У. М. и др. Перспективы использования подземных вод предгорных районов Южного и Юго-Восточного Казахстана для орошения. Вести. АН КазССР, 1964, № 3.

Афоничев Н. А. Основные черты структурного плана Джунгарского Алатау, Тарбагатая и Северо-Восточного Прибалхашья. Мат-лы по геол. и полез. ископ. Алтая и Казахстана. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 35. Л., 1960.

Борукаев Р. А. Допалеозой и нижний палеозой северо-востока Центрального Казахстана (Сары-Арка). М., Госгеолтехиздат, 1955.

Борукаев Р. А. Геология Чингизской геоантиклинальной зоны. Изд-во АН КазССР, 1962.

Бейром С. Г., Михайлова Е. В. Подземные воды кайнозойских отложений южной части Западно-Сибирской низменности. «Советская геология», 1958, № 3.

Бейром С. Г. и др. Природное районирование Алтайского края. Изд-во АН СССР, 1958.

Беклемишев Н. Д., Замятин С. И. Потребности в местных санаториях и возможности курортного строительства в Казахстане. Тр. Ин-та краевой патологии, т. VII (5), сб. работ по курортам Казахстана, вып. 2. Алма-Ата, изд-во АН КазССР, 1959.

Бинденман Н. Н., Бочевер Ф. М. Региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод. «Советская геология», 1964, № 1.

Борисов Б. А. Стратиграфия верхнего мела и палеоген-неогена Зайсанской впадины. Мат-лы по геол. и пол. ископ. Алтая и Казахстана, вып. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 94, Л., 1963.

Бочевер Ф. М., Веригин Н. Н. Методическое пособие по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. Госстройиздат, 1961.

Бочевер Ф. М., Орфанди К. Ф. Опыт определения исходных гидрогеологических параметров для оценки эксплуатационных запасов подземных вод. Тр. Лабор. инж. гидрогеол. ВОДГЕО, № 4. Госстройнздат, 1962.

Василенко В. К. Геологическая история Зайсанской впадины. Л., Гостоптехиздат, 1961а.

Василенко В. К. Геологическая история Зайсанской впадины. Тр. ВНИГРИ, вып. 162. Госгеолтехиздат, 1961б.

Василенко В. К., Левченко И. Г. Зайсанская опорная скважина. Гостоптехиздат, 1962.

Гальперин Р. И. Распределение твердых и жидких осадков по территории Восточного Казахстана. Вопросы географии Казахстана, вып. 2. Изд-во АН КазССР, 1965.

Гармонов И. В. и др. Области питания и разгрузки подземных вод юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. Госгеолтехиздат, 1960.

Горжевский Д. И. и др. Структурно-фациальные зоны на Рудном Алтае. «Советская геология», 1956, № 48.

Гидрогеология СССР, т. XXXIII, ч. I, Северный Казахстан. М., изд-во «Недра», 1966.

Гидрогеологическое районирование и оценка ресурсов подземных вод Казахстана. Под ред. У. М. Ахмедсафина. Алма-Ата, 1965.

Гринев В. Я. Подземные воды Северо-Восточного Казахстана. Л., изд-во АН СССР, 1932.

Девяткин Е. В. Основные вопросы новейшей тектоники Юго-Восточного Алтая. Бюлл. Комиссии по изучению четвертич. периода, 1962, № 27.

Егоров С. В. Подземные воды меловых отложений Омского Прииртышья. Вестн. Зап.-Сиб. и Новосиб. геол. упр., вып. 1. Изд-во Томского ун-та, 1958а.

Егоров С. В. Подземные воды приказахстанской части Западно-Сибирской низменности. Изв. вузов. Гидрогеол. и инж. геол., 1958б, № 11.

Егоров С. В. Некоторые особенности формирования подземных вод юга Западной Сибири. Инф. сб. ВСЕГЕИ, № 39. Госгеолтехиздат, 1960.

Егоров В. С. Основные закономерности динамики подземных вод южной части Западно-Сибирской низменности. Мат-лы ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 101, Л., 1963.

Ерофеев В. С. Некоторые вопросы геологического развития Южного Алтая и Зайсанской впадины в кайнозое. Тр. Алтайского ин-та АН КазССР, т. IX. Алма-Ата, 1960.

Ерофеев В. С. и др. О стратиграфическом положении палеогеновой пестроцветной кремнистой толщи в Семипалатинском Прииртышье. Изв. АН КазССР, серия геол., 1966, № 4.

Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории Кавказа. Тр. НИУ ГМС, серия IV, вып. 40. Гидрометеоиздат, 1946.

Зайцев И. К. Основы гидрогеологического районирования Казахстана. «Советская геология», 1940, № 2-3.

Зальцман И. Г. Континентальные палеогеновые и неогеновые отложения южной части Западно-Сибирской низменности. «Советская геология», 1962, № 4.

Иванкин И. Ф. Положение Рудного Алтая в схеме тектонического районирования Юго-Западного Алтая по геолого-геофизическим данным. Тр. Алтайского горнометаллург. ин-та АН КазССР, т. VIII. Изд-во «Наука», 1960.

Иванов В. В., Малахов А. М. Генетическая классификация лечебных грязей (пелоидов) СССР. Мат-лы по изучен. лечебн. грязей, грязевых озер и месторожд. Тр. Ин-та курортолог. и физиотерап. М., изд-во ГеоМИНВОД, 1963.

Исабаев Т. Т., Мухамеджанов С. М. Алакольская впадина. В кн. «Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука», 1964.

Калугин С. К. К методике определения запасов трещинных и трещинно-карстовых вод. Вестн. АН КазССР, изд. АН КазССР, 1954а, № 7.

Калугин С. К. К методике определения запасов трещинных и трещинно-карстовых вод. Вестн. АН КазССР, 1954б, № 7.

Клейман Г. П. Стратиграфия палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений хребта Саур. Мат-лы по геол. и пол. ископ. Алтая и Казахстана. Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 33. Л., 1960.

Коровин В. И. Влияние гидрометеорологических условий на сток рек и уровень озер бассейнов рек Верхнего Иртыша и Балхаш-Алакольской впадины. Гидрометеоиздат, 1966.

Куделин Б. И. Новые принципы выделения подземного стока на гидрографе рек. Докл. АН СССР, 1951, т. 78, № 6.

Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М., изд-во МГУ, 1960.

Курдюков К. В., Смеловская М. М. Третичные отложения южной части Зайсанской впадины. В сб. «Вопросы геологии Азии», т. 1. М., изд-во АН СССР, 1954.

Лавров В. В. Кислые грунтовые воды из нижнекотерневой свиты Казахстана. Вестн. АН КазССР, 1952, № 3.

Лавров В. В. Южно-Сибирская провинция палеогенового и неогенового осадконакопления. Докл. АН СССР, 1962, т. 146, № 6.

Лавров В. В., Ерофеев В. С. Стратиграфия третичных толщ Зайсанской впадины. Вестн. АН КазССР, 1958, № 11.

Лавров В. В., Ерофеев В. С. Типы разрезов и осадочные провинции палеогена и неогена в Казахстане и на смежных территориях Азии. Мат-лы по регион. стратигр. СССР. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Левин С. В. К вопросу о гидрогеологических наблюдениях на действующих рудниках Казахстана. Изв. АН КазССР, серия геол., 1952, вып. 12.

Литвинова Н. Н. Курортные и лечебные местности Казахстана. Алма-Ата, 1938.

Маврицкий Б. Ф. История формирования подземных вод Иртышского артезианского бассейна и смежных с ним районов. Бюлл. МОИП, серия геол., 1957, № 6.

Маврицкий Б. Ф. Формирование, распространение и гидрогеологическое районирование подземных вод Иртышского артезианского бассейна. В сб. «Вопросы гидрогеол. и инж. геол.». Госгеолтехиздат, 1958.

Матвеевская А. Л., Иванова Е. Ф. Геологическое строение южной части Западно-Сибирской низменности в связи с вопросами нефтегазоносности. М.—Л., изд-во АН СССР, 1960.

Мацуй В. М. Стратиграфия антропогеновых отложений Северо-Восточного Казахстана. В кн. «Исследования и методич. вопросы по географии и геол. наукам», вып. 2. Изд-во Мин. высш. и средн. спец. образ. КазССР, Алма-Ата, 1966.

Микунов М. Ф. Стратиграфия и характерные комплексы ископаемой фауны верхнепалеозойских отложений Иртышско-Зайсанской складчатой зоны. Автореф. канд. дисс. М., МГРИ, 1963.

Монсеенко Ф. С. Новейшая тектоника западной части Алтае-Саянской области. В сб. «Тектоника Сибири», т. 1. Новосибирск, изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1962а.

Моисеенко Ф. С. Материалы по морфологии и истории развития новейших структур Восточного Казахстана и некоторые вопросы теории. В сб. «Тектоника Сибири». Новосибирск, изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1962б.

Муратов М. В., Славин В. И. Краткий геологический очерк Калбы. В кн. «Очерки по геологии Сибири», вып. 16. М., изд-во АН СССР, 1953.

Мухамеджанов С. М., Муртазин Ж. В. К вопросу о влиянии транспирации на режим подземных вод. Вестн. АН КазССР, 1962, № 8.

Мухамеджанов С. М., Кабиев Ф. К. Зайсанская котловина. В кн. «Гидрогеол. районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука», 1964.

Мухамеджанов С. М. и др. Подземные воды хребта Тарбагатай и его обрамления. Изв. АН КазССР, серия геол., 1963, № 4 (55).

Мухамеджанов С. М. и др. О формировании подземных вод меловых отложений Казахского Прииртышья. В кн. «Формирование подземных вод Казахстана». Алма-Ата, 1965.

Некрасов П. И., Моисеенко В. Л. Климатический очерк Рудного Алтая. Сельское хозяйство Рудного Алтая. М.—Л., изд-во АН СССР, 1940.

Нехорошев В. П. Материалы к познанию кайнозойской истории Зайсаиского края. Вып. 2. М., тр. Глав. геол.-разв. упр., 1931.

Нехорошев В. П. Очерки по геологии Сибири. Хребет Саур. М.—Л., изд-во АН СССР, 1941.

Нехорошев В. П. Геология Алтая. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Нехорошев В. П. Четвертичная тектоника Алтая. В сб. «Мат-лы по четвертичным геол. и геоморфол. СССР». Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 2. Л., 1959.

Нехорошев В. П. Тектовика Алтая. М., изд-во «Недра», 1966.

Никитюк Л. А. Древний Иртыш в предгорном и горном районах Северо-Западного Алтая. Изд-во Всерос. геогр. об-ва, т. 94, вып. 5, 1962.

Никифорова К. В. О возрасте коры выветривания Центрального Казахстана. В сб. «Кора выветривания», вып. 2. М., изд-во АН СССР, 1956.

Обручев В. А. Ископаемые богатства пограничной Джунгарии. М., Цветметиздат, 1932.

Обручев В. А. Пограничная Джунгария, т. 2. М., изд-во АН СССР, 1933.

Обручев В. А. К орографии и геологии Калбинского хребта. В кн. «Избр. работы по географии Азии», т. 2. М., Географгиз, 1951а.

Обручев В. А. О тектонике Рудного Алтая. В кн. «Избр. работы по географии Азии», т. 2. М., Географгиз, 1951б.

Обручев В. А. и др. Большой Алтай. Сб. мат-лов по проблеме комплексного изуч. и освоения естеств. производ. снл Алтайско-Иртышского р-на. Л., изд-во АН СССР, 1934.

Огнев В. Н. Альпийская структура северных отрогов Южиого Алтая. В сб. «Вопросы геологии Азии», т. 2. М., изд-во АН СССР, 1954.

Островский В. Н. О значении транспирации растительности в гидрогеологическом балаисе в Карсакпай-Байконурском районе. Изв. АН КазССР, серия геол., 1965а, вып. 4.

Островский В. Н. О формированин хлоридных вод в аридных условиях (иа примере Центральиого Казахстана). Изв. Всесоюзн. геогр. об-ва, 1965б, 4.

Петрушевский Б. А. Мезо-кайнозойская структура Казахского нагорья. В сб. «Вопросы геологии Азии», т. 1. М., изд-во АН СССР, 1954.

Плотников Н. И. Водоснабжение горнорудных предприятий. Поиски, разведка и подсчет запасов подземных вод. Госгортехиздат, 1959.

Плющев Е. В., Нехорошев Г. В. История формирования структур Тарбагатая. «Мат-лы по геол. и полез. ископ. Алтая и Казахстана». Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 74. Л., 1962.

Попов И. В. Принцип инженерно-геологического картирования и районирования территорий (на обзорных картах). «Разведка и охрана недр», 1961, № 8.

Попов И. В. Методические указания по составлению общих обзорных иижеиерно-геологических карт Москвы. Госгеолтехиздат, 1963.

Посохов Е. В. Хлористый магний в соленых озерах Казахстана. Вестн. АН КазССР, 1946, № 11.

Посохов Е. В. Термальные источники Восточного Казахстана. Алма-Ата, изд-во АН КазССР, 1947а.

Посохов Е. В. О холодных минеральных источниках Казахстана. Изв. АН КазССР, серия гидрогеол., 1947б.

Посохов Е. В. Геология и гидрохимия соляных озер Казахстана. Изд-во АН СССР, 1952.

Посохов Е. В. Соляные озера Казахстана. Изд-во АН СССР, 1955.

Посохов Е. В. Лечебные грязи Казахстана. Тр. Новочеркасского политехн. ин-та, т. 75. Промстройиздат, 1959.

Резниченко В. В. Гидрогеологическая работа в Семипалатинской области. Изв. Зап.-Сиб. отд. РГО, 1915, т. 3, № 1-2.

Ростовцев Н. Н. Тектоническая схема мезозойско-кайнозойского платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. Новосибирск, изд-во СНИИГГИМС, 1961.

Русаков М. П. Гидрогеологический очерк юго-восточной части Казахской степи. Л.—М., Госгеолиздат, 1932.

Снешников Г. Б. Электрохимические процессы на сульфидных месторождениях. Л., изд-во ЛГУ, 1967.

Северюгин Н. А. Геологическое строение Присемипалатинского района. «Советская геология», 1959, № 8.

Селиверстов Ю. П. О происхождении Нарымской депрессии на Алтае. Мат-лы ВСЕГЕИ, вып. 19. Л., 1956.

Селиверстов Ю. П. Новейшая тектоника и рельеф Северо-Восточного Казахстана. Мат-лы Второго геоморфолог. совещ. М., 1959а.

Селиверстов Ю. П. Роль дислокаций в образовании рельефа Южного Алтая. Информ. сб. ВСЕГЕИ, четвертич. геол. и геоморфол., № 15, Л., 1959б.

Селиверстов Ю. П. Основные этапы формирования рельефа Алтая. Мат-лы по геол. и пол. ископ. Алтая и Казахстана. Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 33. Л., 1960.

Селиверстов Ю. П. К вопросу о новейшей тектонике Южного Алтая. Уч. зап. Ленингр. ун-та, серия географ. наук, № 298, вып. 15. Л., 1961.

Соседов И. С., Гальперин Р. И. Годовое количество осадков на территории Восточного Казахстана. Изд-во АН КазССР, 1965.

Соседов И. С., Болдырев В. М. Карта среднего годового стока рек Восточного Казахстана. В сб. «Вопросы географии Казахстана», вып. 8. Изд-во АН КазССР, 1961.

Сток подземных вод Казахстана. Под ред. У. М. Ахмедсафина и Ж. С. Садыкова. Алма-Ата, изд-во «Наука», 1964.

Терлецкий Б. К. Подземные воды Казахской ССР. «Советская Азия», 1931, № 7-8.

Терлецкий Б. К. Осиовные черты гидрогеологии Казахстана. Л., изд-во АН СССР, 1932.

Тронов М. В. Очерки оледенения Алтая. М., Географгиз, 1949.

Утешев А. С. Климат Казахстана. Л., Гидрометиздат, 1959.

Флоренсов Н. А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.—Л., изд-во АН СССР, 1960.

Хорева Б. Я. Геологическое строение, интрузивный магматизм и метаморфизм Иртышской зоны смятия. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Чумаков И. С. Кайнозойские отложения северо-западной части Рудного Алтая. Сб. мат-лов по геол. Рудного Алтая. Тр. ВАГТ, вып. 3. Госгеолтехиздат, 1957.

Чумаков И. С. Кайнозой Рудного Алтая. М., изд-во «Недра», 1965а.

Чумаков И. С. Кайнозой Рудного Алтая. М., изд-во «Наука», 1965б.

Шапиро С. М. О иекоторых особенностях условий питання и режима подземиых вод районов мелкосопочника. Алма-Ата, Вестн. АН КазССР, 1954.

Шлыгина В. Ф. Формирование подземиых вод конусов выноса на предгорной равиине Заилийского Алатау. В кн. «Формирование подземных вод Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука», 1965.

Шмидт Г. А. О новейших тектонических движениях в Юго-Восточном Алтае. Вестн. МГУ, 1964, № 5.

Щеголев Д. И., Толстихин Н. И. Подземные воды в трещиноватых породах (на опыте изучеиия Северного Казахстана и Забайкалья). Гостоптехиздат, 1939

Щукин Е. Н. К истории развития современного рельефа верхнего плеса долины р. Иртыша. Мат-лы по геол. Рудного Алтая, М.—Л., изд-во АН СССР, 1940.

Щукин Е. Н. Древняя кора выветривания в Алтайском крае и ее значение для определения возраста и генезиса рельефа. В сб. «Кора выветривания», вып. 2. М., изд-во АН СССР, 1956.

Щукин Е. Н. Закономерности размещения четвертичных отложений и стратиграфия их на территории Алтая. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 26. Изд-во АН СССР, 1960.

Яковлев Г. Ф. Материалы по тектонике Рудного Алтая. Тр. ВАГТ, вып. 3. Госгеолтехиздат, 1957.

КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР
ТОМ XXXVII
ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН

Редактор издательства *А. В. Крыжановский*

Техн. редактор *В. В. Соколова*

Корректор *Н А. Соколова*

Сдано в набор 2/III 1971 г. Подписано в печать 5/X 1971 г. Т-14778. Формат 70×108¹/₁₆. Печ. л. 21,25 с 2 картами. Усл. печ. л. 29,7 с 2 картами. Уч.-изд. л. 27,50 с 2 картами. Бумага № 1. Индекс 3-4-1. Заказ 264/11024—2 Тираж 1000 экз. Цена 3 р. 26 к. с картами.

Издательство «Недра». Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.
Ленинградская картфабрика ВАГТ