ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА

АЛМА-АТА • 1964

551.49 (с5)
Г464

В монографии «Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана» рассматриваются важнейшие принципы районирования территории, характеризующейся различными природно-гидрогеологическими условиями, приводятся классификация и методы региональной оценки ресурсов подземных вод и методика составления гидрогеологической карты Казахстана. Основное место в книге отведено вопросам гидрогеологического районирования и характеристике условий залегания, формирования, распределения, гидрохимии, производительности грунтовых и отчасти артезианских вод республики, а также прогнозной региональной оценке вековых, многолетних и возобновляемых ресурсов подземных вод и перспективе их использования для водоснабжения, обводнения и оазисного орошения.

Работа рассчитана на широкий круг гидрогеологов, водохозяйственников и других специалистов, деятельность которых связана с изучением и использованием водных ресурсов недр. Вместе с тем в ней немало полезных сведений найдут партийно-советские и хозяйственные организации, производственные управления колхозов и совхозов при решении вопросов водообеспечения различных отраслей народного хозяйства Казахстана.

Ответственный редактор
академик Академии наук Казахской ССР
У. М. АХМЕДСАФИН

249449
Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

ВВЕДЕНИЕ

Более 2 млн. 700 тысяч *км*² занимает огромная территория Казахстана, простирающаяся от Алтая на востоке до Каспия на западе. Недра ее богаты всевозможными полезными ископаемыми, на миллионы гектаров раскинулись плодородные земли, которые при орошении могут превратиться в цветущие поля; 170 млн. *га* занимают бескрайние пастбищные угодья, достаточные для содержания 80—100 млн. голов овец. Однако свыше двух третей территории республики находится в засушливых климатических условиях и почти лишены открытых пресных водотоков и водоемов. Это тормозит эффективное освоение ее природных ресурсов.

Еще совсем недавно решение водной проблемы Казахстана казалось чрезвычайно сложной задачей, требующей очень много времени, громадных капиталовложений и привлечения большого количества тяжелой землеройной техники. Так, по крайней мере, думали многие, пока недра Казахстана считались бедными пресной водой. Между тем всестороннее изучение закономерностей формирования, размещения и распределения подземных вод в последние 10 лет и особенно составление карт прогнозов артезианских бассейнов, с региональной оценкой вековых ресурсов, позволили коренным образом изменить прежние ошибочные представления о водных ресурсах недр. Вместо установленных ранее 23 *м*³/*сек* эксплуатационных ресурсов было доказано, что в артезианских бассейнах республики они достигают 1250 *м*³/*сек* и при нормальном использовании (только в дневные часы и вегетационные сезоны) могут быть увеличены до 2500 *м*³/*сек*. В результате выявилась реальная возможность широкой организации водоснабжения быстро развивающегося народного хозяйства в пустынных районах за счет богатых местных ресурсов подземных вод при сравнительно небольших затратах средств и времени. Это было очень важным этапом не только в выявлении и познании пространственного распределения артезианских вод, но и серьезным поворотом в изучении глубинной гидрогеологии республики. Чтобы иметь полное представление о масштабах развития различных видов подземных вод в Казахстане, в дальнейшем на основе анализа многочисленных материалов, полученных научно-производственными организациями, нужно было всесторонне охарактеризовать исключительно широко распространенные грунтовые воды, их ресурсы и условия формирования и размещения. Осуществление этой работы стало возможным главным об-

разом после составления комплексной гидрогеологической карты и проведения гидрогеологического районирования всей территории республики.

В настоящей монографии, являющейся результатом работ, проведенных отделом гидрогеологии ИГН им. акад. К. И Сатпаева АН КазССР при участии некоторых учреждений Государственного производственного геологического комитета КазССР, подводятся краткие итоги этих исследований в виде гидрогеологического районирования и прогнозной оценки подземных вод Казахстана в целом.

Гидрогеологическому районированию Казахстана предшествовали теоретическое обоснование основных принципов, положенных в основу гидрогеологического районирования территории, классификация ресурсов подземных вод и принципы прогнозной региональной их оценки применительно к аридным природным условиям Казахстана.

Далее освещаются методы, положенные в основу составления гидрогеологической карты Казахстана, в которой нашли пространственное отображение главнейшие параметры грунтовых вод и гидрогеологические районы первого и второго порядков. Однако основное внимание в работе уделяется гидрогеологическому районированию и освещению ресурсов подземных вод.

Исходя из характерных особенностей природно-гидрогеологических условий, а также удобства изложения материала, вся территория республики подразделена на 26 гидрогеологических районов, сгруппированных в 4 провинции. При описании каждого из выделенных районов кратко освещаются природно-гидрогеологические условия, в которых происходит формирование и накопление трещинных и поровых грунтовых вод, приуроченность их к определенным возрастно-литологическим комплексам пород, глубина и характер залегания, минерализация и химический состав вод и их распределение в пространстве. Там, где представлялось возможным, приводятся также сведения о мощностях, производительности, фильтрационных свойствах и водоотдаче водоносных горизонтов. Наряду с этим для большинства районов, подрайонов или участков в зависимости от того, насколько позволяли материалы, в первом приближении дана региональная оценка вековых, многолетних и ежегодно возобновляемых ресурсов грунтовых вод, расходные модули, приходящиеся на единицу площади. Для более полного представления о развитии подземных вод в республике в конце описания каждого гидрогеологического района приводятся краткие сведения об артезианских и субартезианских бассейнах и их ресурсах.

В заключительной части работы рассматриваются термальные воды южных и юго-западных районов, даются основные выводы по гидрогеологии выделенных провинций и перспективы использования подземных вод в народном хозяйстве. Подобного характера работа с разносторонней региональной характеристикой подземных вод, их ресурсов и эксплуатационных возможностей, а также экономических аспектов использования выпускается впервые. Можно надеяться, что основные гидрогеологические положения и оценка ресурсов подземных вод, изложенные в этой монографии, вместе с изданными картами позволят, во-первых, научно обосновать и экономически выгодно планировать водохозяйственные мероприятия в аридных районах и тем самым с наименьшими затратами средств и времени решать вопросы обводнения, водоснабжения и оазисного орошения полей, во-вторых, геологоразведочные на воду работы направлять исходя из конкретных условий залегания, формирования подземных вод и, в-третьих, облегчить задачу всестороннего и углубленного изучения гидрогеологии, гидрохимии, гидродинамики, геотермии, режима, баланса и ресурсов подземных вод. Научно-методи-

ческие и теоретические положения, разработанные при гидрогеологическом районировании, в той или иной форме могут найти применение в других аридных районах СССР.

В процессе написания монографии были широко использованы гидрогеологические материалы учреждений Государственного геологического комитета СССР, Государственного производственного геологического комитета КазССР, Академий наук СССР и КазССР и других геологоразведочных и водохозяйственных организаций, а также работы таких виднейших исследователей, как Н. Г. Кассина, А. А. Козырева, А. Л. Яншина, Б. К. Терлецкого, О. К. Ланге, Г. Н. Каменского, Ф. П. Саваренского, Н. Н. Славянова, П. Я. Полубариновой-Кочиной, И. П. Герасимова, А. М. Аскочинского, Р. А. Борукаева, А. М. Овчинникова, В. Н. Кунина, Ф. А. Макаренко, И. В. Гармонова, Е. Д. Шлыгина, И. К. Зайцева, Н. И. Толстихина, Г. В. Богомолова, Б. И. Куделина, Б. А. Петрушевского, Н. А. Плотникова, Н. И. Плотникова, М. Е. Альтовского, А. И. Силина-Бекчурина, Н. И. Биндемана, С. А. Шагоянца, Е. В. Посохова, Д. И. Щеголева, П. Я. Аврова, Д. И. Яковлева, Г. А. Мавлянова, К. И. Макова, Н. А. Маринова, Н. А. Кенесарина, Ф. М. Бочевера, М. М. Крылова, А. А. Коноплянцева. Значительную ценность представляли также работы казахстанских гидрогеологов В. Я. Гринева, В. А. Курдюкова, А. П. Выходцева, П. М. Фролова, Г. А. Рейсгофа, С. В. Комиссарова, В. С. Жеваго, А. А. Флерова, Б. А. Бедера, А. В. Сотникова, П. Г. Григоренко, Н. Фомина, И. Б. Дальян, Г. М. Леонова, А. Н. Шубина, С. В. Левина, Н. Ф. Федина, В. Б. Колпакова, С. Е. Чакабаева, И. С. Русанова, Н. М. Владимирова, М. М. Сорокина, Ф. А. Крюкова, Н. Серого, Н. И. Литавра, А. П. Кузнецова, К. П. Петушкова, С. Х. Симбердеевой, К. А. Машукова, Н. Э. Зейберлиха, А. А. Мухоряповой, М. А. Хордикайнена, К. А. Абдулахатова, К. И. Ишмакова, Д. Г. Сапожникова, Ф. Нестерова, М. Т. Бурак и других.

Пользуясь случаем, авторы работы выражают глубокую благодарность всем исследователям, чьи труды оказали ценную помощь в освещении гидрогеологии Казахстана.

ПРИНЦИПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КАЗАХСТАНА

У. М. АХМЕДСАФИН

Еще в ранние периоды изучения гидрогеологии обширных территорий, характеризующихся разнообразными природно-геологическими условиями, появилась необходимость подразделения их на более мелкие единицы, отличающиеся друг от друга условиями залегания, циркуляции и формирования подземных вод. Такое подразделение облегчало задачу изложения материала в определенной последовательности и вместе с тем давало возможность подчеркнуть характерные гидрогеологические черты и закономерности, присущие тому или иному району, установить перспективность района в отношении наличия качественных водных ресурсов или возможности ирригационного, мелиоративного его освоения.

Обзор существующих взглядов на гидрогеологическое районирование

М. М. Василевский, одним из первых предложивший схему гидрогеологического районирования Европейской части СССР (1928), к наиболее существенным признакам для выделения гидрогеологических районов относил тектонические структуры и поэтому в основу своей схемы положил структурное районирование академика А. Д. Архангельского. Примерно аналогичного геолого-структурного подхода к гидрогеологическому районированию придерживались А. Н. Семихатов (1940), В. А. Жуков и некоторые другие исследователи. Однако нужно заметить, что, положив в основу гидрогеологического районирования геолого-структурные элементы, последователи упомянутого направления фактически проводили районирование глубоких подземных вод с выделением преимущественно артезианских бассейнов. Поэтому, с точки зрения районирования артезианских вод, структурно-геологический подход, безусловно, является оправданным. Вполне оправдал себя структурный метод также и при районировании минеральных и термальных вод, изучением которых, как известно, давно занимаются А. М. Овчинников, Ф. А. Макаренко и другие гидрогеологи. Но вместе с тем нельзя не отметить, что при изучении исключительно широко распространенных, неглубоко залегающих грунтовых вод, основные параметры и режим которых определяются в основном рельефом местности, литологией и климатом, структурно-геологический подход к районированию фактически не дает удовлетворительных результатов.

Н. К. Игнатовичем (1947) было предложено в основу гидрогеологического районирования территории СССР положить гидрогеологические структуры. При этом предлагалось подразделение на районы производить по гидродинамическим условиям — гидродинамической зональности с указанием раскрытых, полураскрытых и закрытых структур. Но, как нам кажется, указанный автор, так же как и предыдущие, к гидрогеологическому районированию фактически подходит с геолого-структурных позиций. В самом деле, не располагая для определения «открытости», «закрытости», «проточности» или «непроточности» структур легко устанавливаемыми критериями, так или иначе при районировании приходится исходить из тектонических элементов (горные, складчатые области, депрессии и т. д.). При гидрогеологических исследованиях выявление гидродинамической зональности имеет большое научно-практическое значение, однако районирование различных типов подземных вод обширных территорий по методу Н. К. Игнатовича вызывает большие затруднения. Взять хотя бы обширный Центрально-Казахстанский мелкосопочник с участками мелкогорий, где существует множество раскрытых, полураскрытых и даже закрытых брахиструктур. Здесь наряду с артезианскими водами, зачастую определяемыми структурами, широко распространены грунтовые воды, тесно связанные с природно-геоморфологическими условиями. В этих условиях без детальных комплексных гидрогеологических исследований не представляется возможным разобраться в «проточности» или «непроточности» структур и научно обоснованно проводить районирование.

Еще академик Ф. П. Саваренский (1947) вполне справедливо отмечал, что практическое пользование схемой Н. К. Игнатовича затрудняется тем, что у нас еще нет отчетливо разработанного детального геолого-структурного районирования и вполне ясного представления о степени «промытости» и «проточности» структур.

Довольно близким к схеме Н. К. Игнатовича является метод районирования, предложенный И. К. Зайцевым (1940). Последний считает целесообразным в основу выделения гидрогеологического района или области положить гидродинамическую зональность. По мнению автора, все районы с активным водообменом должны попадать в одну область, с затрудненным водообменом — в другую и зоны относительного покоя — в третью. По этому методу он попытался выделить шесть типов гидрогеологических областей в пределах Казахстана и Волго-Уральской области.

При внимательном изучении предложенной схемы нетрудно заметить, что районирование сложных территорий по методу И. К. Зайцева с выделением трех основных и трех промежуточных областей и 9 подтипов не позволяет достаточно подробно расчленить и охарактеризовать важнейшие гидрогеологические особенности значительно отличающихся друг от друга многочисленных районов Казахстана.

Например, все впадины Казахстана, выделенные И. К. Зайцевым в одну область относительного покоя, существенно отличаются друг от друга по условиям залегания, движения, формирования и гидрохимии подземных вод; такие отличия в гидрогеологических условиях наблюдаются в различных горных районах страны, отнесенных в другую зону — активного водообмена.

Подразделение обширных территорий по зональному принципу, предложенное в свое время В. С. Ильиным, О. К. Ланге и в других вариантах их последователями — Н. К. Игнатовичем и И. К. Зайцевым, безусловно, имело и сейчас имеет большое значение для понимания важных гидрогеологических процессов, протекающих в подземной гидросфере. Но, тем не менее, на данной стадии изучения подземных вод

такое подразделение оказывается недостаточным для всестороннего расчленения обширных территорий Казахстана, отличающихся сложными и разнообразными природно-гидрогеологическими условиями. Однако в некоторых специфических условиях зональный подход к районированию оказывается вполне приемлемым для выделения гидрогеологических районов второго или третьего порядков, например, в предгорных равнинах, где выделяются гидрогеологические зоны поглощения, выклинивания, погружения, или же на обширных степных и пустынных территориях, грунтовые воды которых в значительной мере подчинены климатической зональности.

Для полноты представления о различных принципах гидрогеологического районирования остановимся еще на одной схеме, которая освещена в работе Г. Н. Каменского, М. М. Толстихиной и Н. И. Толстихина. В ней гидрогеологическое районирование территории СССР было проведено фактически на основе смешанного, если так можно выразиться, геолого-структурно-географического подхода. Вначале на территории СССР по геолого-структурным условиям выделены артезианские бассейны и складчатые области, которые в дальнейшем охарактеризованы уже на основе географического подхода к ним.

На наш взгляд, при таком смешанном подходе сделано несколько весьма существенных упущений. Во-первых, в процессе гидрогеологического районирования наряду с указанием на присутствие артезианских бассейнов, по форме и содержанию относящихся к гидрогеологической категории, почему-то выделяются складчатые области, дающие представление уже не о гидрогеологии территории, а скорее всего о тектонике района. Во-вторых, там, где выделяются артезианские бассейны, казалось бы логичным освещение только напорных подземных вод. В действительности же для данного бассейна наряду с описанием артезианских вод дается характеристика и грунтовых вод, условия залегания и формирования которых коренным образом отличны. В-третьих, как нам кажется, выделение районов или областей только как географическое понятие, даже без определенных границ, далеко не дает представления о их природно-гидрогеологических условиях. Например, выделенный в этой работе Мангышлакский район в действительности состоит из Горного Мангышлака, Южно-Мангышлакского плато и Бузачинской низменности, которые имеют весьма отличные друг от друга гидрогеологические условия. По существу здесь выделяется несколько хорошо выраженных самостоятельных гидрогеологических районов. То же самое можно сказать и о Прикаспийском артезианском бассейне, который в действительности можно подразделить на несколько бассейнов.

По всей видимости, смешанный подход к районированию, тем более разнотипных подземных вод, не лучшим образом удовлетворяет современным требованиям, предъявляемым к гидрогеологическому районированию.

При рассмотрении различных принципов и схем становится ясным, во-первых, что структурный, гидродинамический, зональный или смешанный методы районирования, не позволяющие охватить многообразие гидрогеологических факторов и процессов, обусловленных природно-геологическими условиями, по существу не дают возможности всесторонне, научно обоснованно подойти к гидрогеологическому районированию обширных территорий; во-вторых, попытка совместного районирования на основе одних и тех же принципов разнотипных артезианских и грунтовых вод, определяемых различными природными условиями и условиями формирования, не только не облегчает задачу всестороннего дифференцированного изучения этих типов вод, отличающихся многокомпонентными параметрами, а скорее всего усложняет ее.

Во избежание указанных недочетов необходимо, чтобы артезианские и грунтовые воды обширных регионов были районированы раздельно; причем на современном этапе изучения наиболее полного и удовлетворительного районирования можно добиться прежде всего в отношении почти повсеместно распространенных и сравнительно хорошо изученных неглубоко залегающих грунтовых вод.

В основу районирования необходимо положить не какие-нибудь отдельные гидрогеологические закономерности или показатели, а наиболее характерные, пусть даже косвенные, но всеобъемлющие признаки, которые полнее определяют гидрогеологические условия территории. Нам кажется, что к таким ярко выраженным признакам могут быть отнесены геолого-геоморфологические условия территории, которые в свое время были предложены Б. Л. Личковым и А. Д. Архангельским для районирования грунтовых вод.

Принципы гидрогеологического районирования Казахстана

Многочисленные наши исследования и исследования других казахстанских гидрогеологов (см. список литературы), составление гидрогеологических карт Сары-Ишик-Отрау, Муюнкумов, Гурьевской, Актюбинской областей, целинных земель и Центрального Казахстана и завершение комплексной гидрогеологической карты всего Казахстана, осуществленные отделом гидрогеологии ИГН им. акад. К. И. Сатпаева АН КазССР, показали, что наиболее удовлетворительного районирования неглубоко залегающих подземных вод Казахстана можно добиться на основе геолого-геоморфологического расчленения территории. Именно геоморфологией, являющейся отражением геологических и физико-географических условий и процессов, а потому оказывающей постоянное воздействие на состояние грунтовых вод, наиболее четко определяются условия их распределения, залегания, движения и формирования. Например, высокогорные области Южного Казахстана по своему геоморфологическому положению находятся в гораздо более благоприятных условиях для накопления и циркуляции высококачественных подземных вод, чем, скажем, низкогорные районы Чу-Илийского хребта или западных отрогов Джунгарского Алатау. В последних малое количество осадков, засушливость климата, слабый водообмен в водоносных горизонтах обусловливают формирование преимущественно солоноватых грунтовых вод. В Центральном Казахстане гидрогеологические условия возвышенного мелкосопочника существенно отличаются от мелкосопочной равнины тем, что в первом случае благодаря наличию открытых возвышенных выветрелых участков, активно поглощающих атмосферные осадки, формируются в основном довольно обильные пресные воды, тогда как в полузакрытых районах мелкосопочной равнины вследствие очагового питания, затрудненного водообмена большей частью скапливаются слабосолоноватые, иногда пестрые по качеству подземные воды, отличающиеся небольшой производительностью.

Межгорные и предгорные равнины Казахстана, находящиеся в различных геолого-геоморфологических условиях, также обусловливают наличие гидрогеологических районов, характеризующихся различными показателями подземных вод. В частности, Илийская межгорная равнина по условиям формирования, гидродинамики и разгрузки подземных вод имеет мало общего с Южно-Прибалхашской равниной, так же как Арысь-Кзылкумская предгорная равнина существенно отличается от Алакульской впадины. Неодинаковыми условиями залегания, формирования и движения подземных вод обладают не только вышеупомянутые

районы Казахстана, но также плато Устюрт, Бетпак-Дала, Урало-Эмбенское, Южно-Мангышлакское плато и ряд других обширных территорий республики, характеризующиеся различными геолого-геоморфологическими условиями.

Приведенные примеры еще раз показывают, что геолого-геоморфологические условия действительно являются теми наиболее важными признаками, территориальное расчленение которых позволяет вполне обоснованно проводить гидрогеологическое районирование Казахстана.

Исходя из изложенного, на территории Казахстана представляется возможным выделить 26 гидрогеологических районов, которые отличаются друг от друга условиями залегания, гидродинамики, режима и питания грунтовых вод. Наряду с определенными различиями у целого ряда гидрогеологических районов, расположенных в смежных областях, имеются также некоторые общие гидрогеологические особенности.

Для Восточного Казахстана характерно, например, распространение слабоминерализованных трещинных вод, циркулирующих в жестких палеозойских комплексах пород, довольно активная их циркуляция и водообмен в водоносных горизонтах, наличие региональных областей формирования и разгрузки, мощного пополнения ресурсов подземных вод за счет таяния вечных снегов и зимне-весенних атмосферных осадков.

Районы Центрального и Северного Казахстана характеризуются преимущественным развитием трещинных, отчасти трещинно-карстовых и поровых грунтовых вод, большей частью отличающихся относительно невысокой и пестрой минерализацией, чередованием участков активного и затрудненного водообмена в водоносных горизонтах, наличием широко распространенных спорадических областей и очагов формирования подземного стока и значительным пополнением ресурсов подземных вод снеготалыми поверхностными водами и зимне-весенними атмосферными осадками.

Районы Южного Казахстана, находящиеся в зоне пустынь и горных областей, характеризуются преимущественным распространением пресных, слабосолоноватых, реже соленых поровых и трещинных грунтовых вод, большей частью активным водообменом в водоносных горизонтах, наличием обширных областей формирования (расположенных в горных, предгорных районах и долинах рек) и мощным пополнением ресурсов подземных вод за счет снеготалых и ледниковых вод речной сети и зимне-весенних атмосферных осадков.

Для Западного Казахстана характерными являются большей частью пестрая картина минерализации и типов грунтовых вод, чередование участков активного, затрудненного водообмена и почти застойного режима в водоносных горизонтах, а также спорадических областей и очагов формирования и сравнительно небольшое пополнение ресурсов подземных вод в основном за счет зимне-весенних атмосферных осадков. Указанные обстоятельства, а также необходимость изложения обширного материала по подземным водам сопредельных территорий в определенной последовательности послужили причиной для того, чтобы сгруппировать районы с более или менее однородными гидрогеологическими условиями в соответствующие четыре гидрогеологические провинции (рис. 1).

Восточный Казахстан

I. Высокогорные и среднегорные области Восточного Казахстана.

II. Возвышенный мелкосопочник с участками низкогорий Восточного Казахстана.

III. Мелкосопочные равнины Восточного Казахстана.
IV. Зайсанская котловина.
V. Алакульская впадина.

Центральный и Северный Казахстан

VI. Низкогорные и возвышенные мелкосопочные районы Балхаш-Иртышского водораздела.
VII. Улутауский низкогорный и возвышенный мелкосопочный район.
VIII. Кокчетавский возвышенный мелкосопочник с участками мелкогорий.
IX. Мелкосопочная равнина Центрального Казахстана.
X. Тениз-Кургальджинская слабовсхолмленная замкнутая равнина.
XI. Низменные и плоские равнины междуречья Ишима и Иртыша.
XII. Тургайские столово-останцовые равнины.

Южный Казахстан

XIII. Высокогорные районы Южного Казахстана.
XIV. Среднегорные и низкогорные районы юга Казахстана.
XV. Плато Бетпак-Дала.
XVI. Копа-Илийская межгорная впадина.
XVII. Южно-Прибалхашские предгорные и бугристо-грядовые равнины.
XVIII. Чу-Таласские предгорные и бугристо-грядовые равнины.
XIX. Присырдарьинские предгорные плоские и бугристо-грядовые равнины.

Западный Казахстан

XX. Уралтау-Мугоджарская низкогорная и мелкосопочная возвышенность.
XXI. Урало-Эмбенское плато.
XXII. Северо-Аральская столово-останцовая равнина.
XXIII. Мангышлакская низкогорная возвышенность.
XXIV. Плато Устюрт.
XXV. Плато Южный Мангышлак и Тюбкараган.
XXVI. Прикаспийская низменность.

Выделенные провинции дают лишь обобщающее представление о грунтовых водах обширных территорий, тогда как гидрогеологические районы, являющиеся основной единицей, позволяют охарактеризовать их более подробно. Однако следует отметить, что для освещения ряда провинций, характеризующихся разнообразием гидрогеологических условий, расчленение только на районы оказывается недостаточным. Поэтому для гидрогеологических районов, занимающих очень большие территории или же отличающихся сложными условиями, с целью более детального освещения некоторых важных гидрогеологических показателей (приуроченности, глубин залегания, минерализации, химического состава грунтовых вод и т. д.) целесообразно выделять районы второго порядка, которые в одних случаях могут быть названы подрайонами, в других — зонами (рис. 1). Критерием их выделения являются геоморфо-

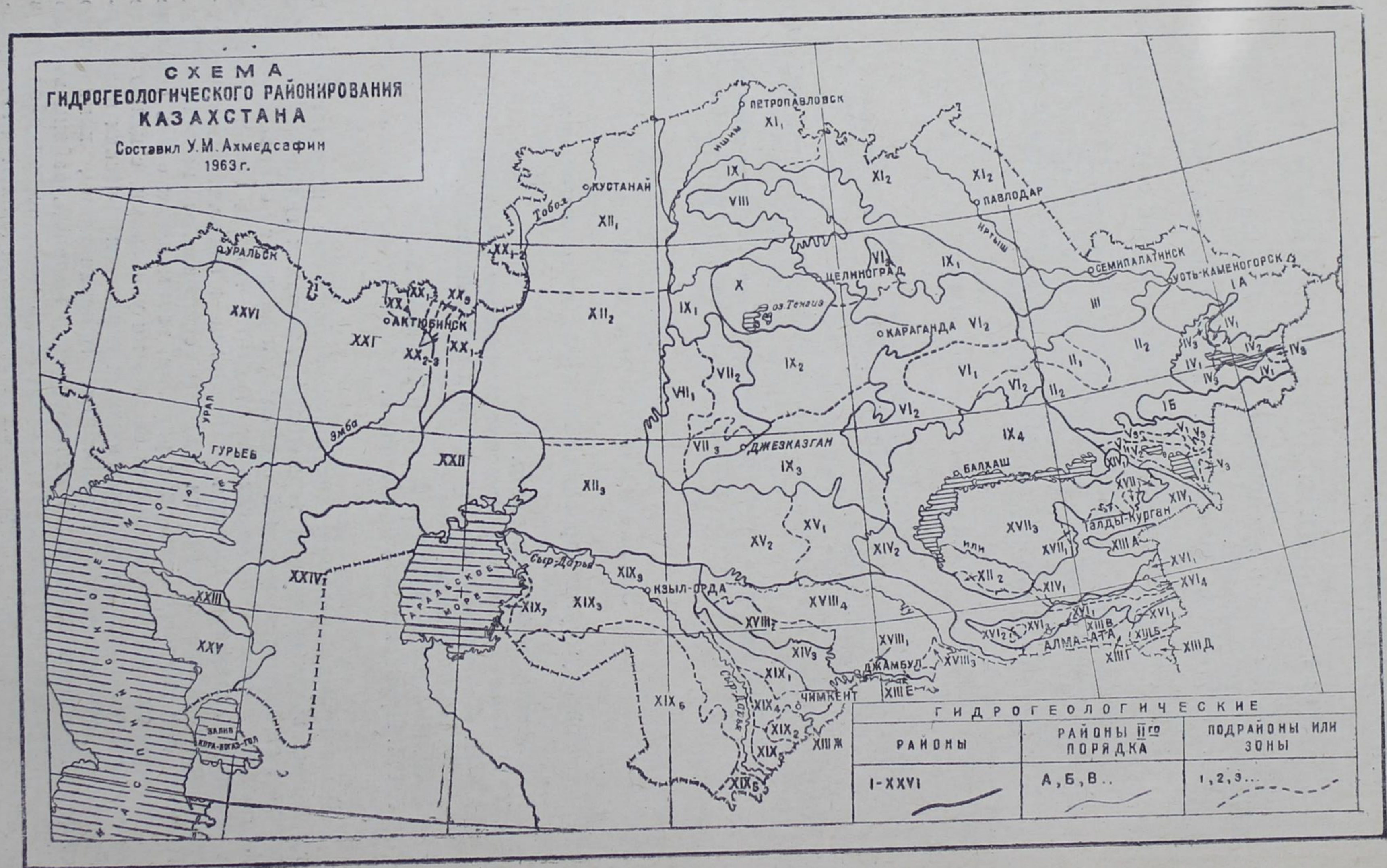


СХЕМА
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
КАЗАХСТАНА
Составил У.М. Ахмедсафин
1963 г.
ПЕТРОПАВЛОВСК
КУСТАНАЙ
ПАВЛОДАР
УРАЛЬСК
АКТЮБИНСК
ЦЕЛИНОГРАД
СЕМИПАЛАТИНСК
УСТЬ-КАМЕНОГОРСК
КАРАГАНДА
ДЖЕЗКАЗГАН
БАЛХАШ
ГУРЬЕВ
КЫЗЫЛ-ОРДА
ЧИМКЕНТ
ДЖАМБУЛ
АЛМА-АТА
Талды-Курган
Тобол
Ишим
Иртыш
Урал
Эмба
Сыр-Дарья
Или
оз. Тенгиз
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
РАЙОНЫ
РАЙОНЫ II го ПОРЯДКА
ПОДРАЙОНЫ ИЛИ ЗОНЫ
I-XXVI
А, Б, В..
1, 2, 3...

логические типы рельефа (например, покатые предгорные равнины, эолово-аллювиальные бугристо-грядовые равнины, плоские озерно-аллювиальные равнины, аллювиальные долины и т. д.). В районах, в которых по тем или иным причинам трудно было подметить различие в строении поверхности, контролирующей региональное различие гидрогеологических параметров, расчленение на подрайоны сделано на основе выделения климатических зон (зона сухих степей, полупустынь и пустынь) или же по возрастно-литологическим комплексам пород. Последние позволяют вполне удовлетворительно проследить за региональным изменением некоторых важных параметров грунтовых вод.

В ряде гидрогеологических районов второго порядка, установленных на основе геоморфологических типов, для определения производительно-

---

Рис. 1. Гидрогеологические районы: I— высокогорные и среднегорные области Восточного Казахстана: IA— Алтайские горы и Калба, IБ — Саур-Тарбагатайские горы; II — возвышенный мелкосопочник с участками низкогорий Восточного Казахстана: II_1 — подрайон Чингизских гор и их отрогов, II_2 — подрайон возвышенного мелкосопочника; III — мелкосопочные равнины Восточного Казахстана; IV — Зайсанская котловина: IV_1— подрайон предгорной наклонной и приозерной равнин, IV_2— подрайон холмистой равнины, IV_3— подрайон грядовых и бугристых песков; V— Алакульская впадина: V_1— подрайон бугристо-грядовых песчаных равнин, V_2— подрайон плоских озерно-аллювиальных равчин, V_3— подрайон предгорных наклонных равнин; VI— низкогорные и возвышенные мелкосопочные районы Балхаш-Иртышского водораздела: VI_1— водораздельная зона, VI_2— зона возвышенного мелкосопочника, VI_3— зона Ниаз-Ерементауских гор с участками возвышенного мелкосопочника; VII— Улутауский низкогорный и возвышенный мелкосопочный район: VII_1 — низкогорная зона, VII_2 — зона возвышенного мелкосопочника, VII_3— южная зона возвышенного мелкосопочника; VIII— Кокчетавский возвышенный мелкосопочник с участками низкогорий; IX— мелкосопочная равнина Центрального Казахстана: IX_1 — северная степная зона, IX_2 — зона сухих степей и полупустынь, IX_3 — зона полупустынь и пустынь, IX_4 — зона пустынь и полупустынь Северного Прибалхашья; X— Тениз-Кургальджинская слабовсхолмленная замкнутая равнина; XI— низменные и плоские равнины междуречья Ишим—Иртыш: XI_1— Приишимская зона, XI_2— Прииртышская зона; XII— Тургайские столово-останцовые равнины: XII_1— северная степная зона, XII_2— зона сухих степей и полупустынь, XII_3— зона полупустынь и пустынь; XIII— высокогорные районы Южного Казахстана: XIIIA— хребет Джунгарский Алатау, XIIIБ— хребет Кетмень, XIIIB— хребет Заилийский Алатау, XIIIГ — хребет Кунгей Алатау, XIIIД — хребет Терскей Алатау, XIIIE — Киргизский хребет, XIIIЖ — Таласский Алатау; XIV — среднегорные и низкогорные районы юга Казахстана с участками возвышенного мелкосопочника: XIV_1 — северо-западные и западные отроги Джунгарского Алатау, XIV_2 — Чу-Илийские горы, Кендыктас и плато Карой, XIV_3 — хребет Каратау и его отроги; XV — плато Бетпак Дала: XV_1 — восточная каменистая часть, XV_2 — западная глинистая часть; XVI — Копа-Илийская межгорная равнина: XVI_1 — предгорные ступени (прилавки), XVI_2 — водораздельная равнина междуречья Тарган — Узун-Каргалы, XVI_3 — предгорные равнины, XVI_4 — долины крупных рек; XVII — Южно-Прибалхашские предгорные и бугристо-грядовые равнины: XVII_1 — покатая предгорная равнина Джунгарского Алатау; XVII_2 — предгорная равнина северо-восточного склона Чу-Илийских гор, XVII_3 — бугристо-грядовые песчаные равнины Южного Прибалхашья; XVIII — Чу-Таласские предгорные и бугристо-грядовые равнины; XVIII_1— покатая предгорная равнина Киргизского Алатау, XVIII_2— покатая предгорная равнина Каратау, XVIII_3— покатая предгорная равнина Чу-Илийских гор, XVIII_4— бугристо-грядовая равнина Муюнкум; XIX— Присырдарьинские предгорные и бугристо-грядовые равнины: XIX_1— Каратауская предгорная равнина, XIX_2— Коржунтау-Казыкуртская предгорная равнина, XIX_3— Сыр-Дарьинская аллювиальная равнина, XIX_4— Арысь-Бугуньская аллювиальная равнина, XIX_5— Голодностепская аллювиальная равнина, XIX_6 — Кзылкумская бугристо-грядовая равнина, XIX_7 — прибрежно-морская равнина; XX— Мугоджарская низкогорная и мелкосопочная возвышенность: XX_1— подрайон развития метаморфических пород, XX_2— подрайон развития интрузивных, эффузивно-осадочных пород среднего палеозоя, XX_3— подрайон развития осадочных пород девоно-карбона, XX_4— подрайон развития пермо-триасовых отложений, XX_5— подрайон континентальной юры; XXI — Урало-Эмбенское плато; XXII — Северо-Аральская столово-останцовая всхолмленная равнина; XXIII— Мангышлакская низкогорная возвышенность; XXIV— плато Устюрт; XXV— плато Южный Мангышлак; XXVI—Прикаспийская плоская низменность.

сти, ресурсов грунтовых вод необходимо выделить гидрогеологические участки на основе различия возрастно-литологических комплексов пород.

В заключение считаем необходимым еще раз подчеркнуть, что, говоря о гидрогеологическом районировании Казахстана, основанном на геолого-геоморфологическом подразделении территории, прежде всего мы имеем в виду районирование грунтовых вод. Вместе с тем для полноты представления о различных типах подземных вод, развитых в Казахстане, при описании каждого гидрогеологического района приводятся также краткие сведения об артезианских бассейнах, выделенных на основе геолого-структурного расчленения территории.

Более подробно артезианские воды были освещены в работе «Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (Ахмедсафин, 1961).

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА

У. М. АХМЕДСАФИН

Конечной целью многих гидрогеологических исследований является выявление ресурсов подземных вод и установление возможностей их использования в различных отраслях народного хозяйства. Долгое время ресурсы подземных вод изучались по естественным водопроявлениям (источникам, родникам) или же по колодцам и скважинам, причем расход источников или производительность скважин нередко рассматривались как запасы подземных вод. В дальнейшем к запасам начали относить количество подземных вод, которое может обеспечить потребность ограниченного ряда водозаборных сооружений. Наконец, с развитием гидрогеологической науки к изучению запасов начали подходить более обоснованно, рассматривая их как количество воды, которое может формироваться на определенном участке в результате инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод (динамические запасы).

Однако следует отметить, что расходы источников, производительность скважин, колодцев и даже динамические запасы ограниченных участков, часто исчисляемые десятками и сотнями литров в секунду, — все это составляет весьма незначительную часть воды, заключенную в недрах земли, а поэтому невозможно было получить истинное представление о размерах естественных запасов подземных вод определенных гидрогеологических районов, подрайонов или гидрогеологических структур и перспективах их использования. В результате необоснованного подхода к определению ресурсов подземных вод у многих сложилось представление о бедности недр водными ресурсами и невозможности решения больших водных проблем за счет подземных водоисточников.

Для того чтобы иметь правильное представление о водных ресурсах недр, необходимо было сделать научно обоснованный подход к их определению на основе классификации естественных запасов.

Впервые научно обоснованная классификация запасов подземных вод была предложена проф. П. И. Бутовым в 1931 г. (1933), который выделил относительные запасы, извлекаемые водозаборами, пассивные — медленного накопления — и активные — ежегодно возобновляемые.

Со времени появления данной классификации и до наших дней разрабатывался целый ряд других классификаций, авторами которых

являются Ф. П. Саваренский (1935), М. Е. Альтовский (1947), К. И. Маков (1936), В. С. Оводов (1939), Н. А. Плотников (1946), Г. Н. Каменский (1947), М. П. Семенов (1947), Ф. А. Макаренко (1948), Р. В. Бородин (1949), Б. И. Куделин (1960), Ф. М. Бочевер (1957), Н. И. Плотников (1959) и некоторые другие. Указанными авторами естественные ресурсы подземных вод по существу подразделяются на два класса (типа).

Одна группа исследователей (П. И. Бутов, М. Е. Альтовский, М. П. Семенов, Г. Н. Каменский и другие), положив в основу подразделения гидрогеологические признаки, нашла наиболее целесообразным выделить статические (пассивные, постоянные) и динамические (активные) запасы подземных вод.

Под статическими запасами подразумеваются подземные воды, имеющие «нулевую» или близкую к нулю скорость, которые могут быть измерены только единицами объема для определенного момента. Динамические запасы характеризуют количество подземной воды, обладающее некоторой скоростью движения и протекающее в единицу времени через все поперечные сечения водоносного горизонта или пласта.

Другая группа (К. И. Маков, Н. А. Плотников, В. С. Оводов и другие), исходя из времени накопления и изменения подземных вод, выделяет вековые (емкостные) запасы и естественные динамические. Предполагается, что вековые запасы подвергаются изменениям только в разрезе геологического времени, а накопление их происходит в течение многих веков. Естественные динамические запасы (по К. И. Макову, Ф. М. Бочеверу) равны количеству воды, протекающему в единицу времени через поперечное сечение потока подземных вод. Как синоним динамическим Н. А. Плотников выделяет регулировочные запасы, находящиеся в зоне колебания уровня подземных вод со свободным зеркалом. По мнению этого автора, они регулируют расход подземного потока.

Приведенные подразделения запасов, имеющие важное значение для общей оценки водных ресурсов недр определенных регионов, вместе с тем имеют, на наш взгляд, и некоторые недостатки. Последние кроются главным образом в понимании принципов, положенных в основу классификации. Постараемся вкратце их объяснить.

Как известно, под статическими запасами понимаются неподвижные или почти неподвижные подземные воды, занимающие поры и пустоты в водоносных горизонтах или же комплексах. Между тем в природе неподвижные воды встречаются очень редко. Не только грунтовые, но даже глубокие артезианские воды, будучи подвержены постоянному дренированию и разгрузке, характеризуются определенной динамичностью. В этих условиях термин «статические запасы» может иметь весьма ограниченное значение и применяться только для определения ресурсов бассейнов с застойным или почти застойным режимом (например, бассейн Прикаспийской низменности). Что же касается обширных многочисленных артезианских бассейнов с подвижными водами или грунтовых потоков, то термин «статические» к ним фактически применить нельзя.

Термин «динамические» запасы, первоначально предложенный М. Е. Альтовским, некоторыми исследователями используется для определения количества гравитационной воды, протекающей в единицу времени через все поперечное сечение водоносного слоя (горизонта). Эти запасы по существу соответствуют производительности подземного потока. Другие под указанными запасами понимают величину подзем-

ного стока из данного водоносного горизонта. Третьи считают, что динамические запасы соответствуют количеству воды, поступающему в данный водоносный горизонт за счет различных источников питания. Чувствуется, что в толковании термина «динамические» запасы, так же как «статические», нет единого мнения. Во всяком случае, между количеством воды, проходящим через среднюю часть поперечного сечения водоносного слоя, и количеством воды, поступающим в водоносный горизонт или же стекающим из водоносного горизонта, имеется определенное различие. Особенно это наглядно вырисовывается в пустынных районах со сложными условиями формирования подземных вод. Наконец, что бросается в глаза во всех классификациях, это отсутствие привязанности их к гидрогеологическим регионам.

Таким образом, хотя подразделение ресурсов подземных вод на статические и динамические запасы прочно вошло в литературу, все же под указанными терминами нередко понимаются различные значения ресурсов подземных вод. Это в известной мере затрудняет научно обоснованную классификацию запасов, находящихся в различных гидрогеологических условиях.

Учитывая указанные обстоятельства, при прогнозной оценке ресурсов подземных вод Казахстана мы сочли возможным придерживаться несколько иного подразделения, в основу которого положен фактор времени формирования подземных вод с указанием регионального характера распределения водных запасов недр. В результате выделены следующие виды естественных ресурсов подземных вод.

1. Вековые региональные ресурсы (включая упругие) представляют объем гравитационной воды, формировавшейся в порах и пустотах пород большой емкости в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение многих сотен лет и тысячелетий (крупные и средние артезианские бассейны, широко распространенные мощные грунтовые потоки).

2. Многолетние региональные ресурсы — объем гравитационной воды, формировавшейся в порах и пустотах пород средней емкости в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение многих лет и десятилетий (небольшие артезианские бассейны, грунтовые потоки долин рек и т. д.).

3. Ежегодно возобновляемые (восполняемые) региональные ресурсы — часть естественных вековых или многолетних, которая формируется в порах и пустотах пород в определенных природно-гидрогеологических условиях в течение одного гидрологического года в основном в результате инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков, фильтрации снеготалых и ледниковых вод, потери воды из рек, озер и отчасти подземного стока. Эта категория запасов может выражаться, как и вековые, в объемных величинах или же в кубических метрах в секунду, когда рассматривается в виде расхода потока.

Оценивая значение приведенных видов запасов, следует отметить, что истинное представление об огромных масштабах водных ресурсов недр дают прежде всего вековые запасы подземных вод крупных артезианских бассейнов и мощных грунтовых потоков, аккумулировавшиеся в крупных структурах с большими емкостями в течение многих десятков и сотен тысяч лет и поэтому в десятки и сотни раз превосходящие ежегодно возобновляемые запасы. Начало прогнозному региональному изучению их было положено при составлении карт прогнозов артезианских бассейнов и гидрогеологической карты Казахстана. В результате выяснилось, что эта категория запасов для отдельных крупных регионов

(бассейнов, грунтовых потоков) часто исчисляется десятками и сотнями миллиардов кубометров воды.

Многолетние ресурсы, формировавшиеся в сравнительно небольших гидрогеологических структурах (бассейнах, грунтовых потоках) со значительно меньшими емкостями, намного уступают вековым и чаще всего исчисляются миллиардами, редко десятками миллиардов кубометров.

Ежегодно возобновляемые ресурсы, небольшие по сравнению с вековыми, все же в некоторых благоприятных условиях оказываются весьма существенными и нередко исчисляются десятками и сотнями миллионов кубометров. Особенно значительны они в долинах рек, озер, конусах выноса, в небольших массивах, бассейнах — в общем там, где имеются хорошие коллекторы воды и усиленное проникновение в водоносные горизонты поверхностных вод и атмосферных осадков. Таковы важнейшие категории запасов, которые легли в основу прогнозной региональной оценки водных ресурсов недр Казахстана.

Принципы региональной оценки общих ресурсов подземных вод Казахстана

Недостаточная изученность гидрогеологии, тем более слабая разведанность, недостаточная количественная апробация водоносных горизонтов Казахстана и вместе с тем острая потребность народного хозяйства в водных ресурсах обусловили крайнюю необходимость прогнозной оценки общих, а также эксплуатационных водных ресурсов недр республики. Это оказалось возможным сделать в результате выделения перспективных водосодержащих структур, регионов, водовмещающих комплексов пород и на основе уже этого — приближенный расчет прогнозных объемов вековых и многолетних региональных запасов.

Исходя из данных режимных гидрометеорологических наблюдений и опытных гидрогеологических определений, произведен также приближенный расчет ежегодно возобновляемых запасов подземных вод. Несколько подробнее затронутые вопросы освещаются ниже.

Прогнозные вековые и многолетние региональные запасы подземных вод определялись из учета площади распространения водоносных горизонтов, мощности водовмещающих толщ и коэффициента водоотдачи пород.

Площади распространения хорошо выдержанных водосодержащих комплексов пород или водоносных горизонтов (F), как правило, совпадают с площадью данного бассейна, долины, песчаного массива и т. д. Поэтому определение их не составляет трудностей. Однако точное определение площади водовмещающих комплексов, имеющих спорадическое распространение, без детальной разведки представляется весьма затруднительным. Учитывая, что среди водоносных комплексов спорадического распространения коллекторы подземных вод (карстующие известняки, гранитоиды, песчаники) имеют значительное развитие, условно допускалась возможность их распространения на территории, занимающей от половины до двух третей общей площади бассейнов.

Мощность коллекторов подземных вод (H) изучена слабо, поэтому в прогнозных определениях исходили в основном из разрезов структурно-геологических, гидрогеологических скважин и данных описаний стратиграфических горизонтов, приводимых в геологической литературе. При определении ресурсов подземных вод брались обычно усредненные мощности.

249449.
Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

Удельная водоотдача имеет важное значение для определения общего объема гравитационной воды, заключенной в порах и пустотах пород, который может извлекаться из водоносного горизонта с помощью откачечных средств. Водоотдача основных коллекторов подземных вод Казахстана изучалась только в отдельных местах (в долинах некоторых рек, конусах выноса, песчаных массивах, местами в мелкосопочных равнинах). Поэтому для оценки водоотдающих свойств широко распространенных трещиноватых и особенно рыхлообломочных отложений чаще всего приходилось обращаться к методу аналогии, т. е. сравнивать структуры пород, у которых водоотдача опытным путем не определялась, с породами, водоотдача которых уже установлена. Удельная водоотдача различных пород колеблется в очень широких пределах. Большой водоотдачей обладают фаменские и турнейские карстующие известняки, величина которой в большинстве случаев колеблется от 0,04 до 0,06. Визе-намюрские известняки характеризуются водоотдачей, не превышающей 0,03. Для трещиноватых песчаников, гранитоидов, некоторых разностей эффузивов, опоковых песчаников водоотдача чаще всего варьирует от 0,01 до 0,027, а для рыхлых меловых, третичных и отчасти четвертичных песчаных отложений — от 0,10 до 0,18 (преобладает 0,12—0,15). Из всех коллекторов подземных вод наиболее высокой водоотдачей отличаются аллювиальные галечники долин рек и аллювиально-пролювиальные галечниковые отложения конусов выноса. Удельная водоотдача их колеблется от 0,18 до 0,28 (преобладает 0,18—0,20). Подсчет запасов проводился по формуле

$$Q = FHW,$$

где Q — вековые запасы;

F — площадь гидрогеологического района или водовмещающего комплекса пород;

H — средняя величина мощности водоносного горизонта;

W — удельная водоотдача породы.

Для того чтобы приближенно подсчитать объем воды, приходящейся на единицу площади гидрогеологического района, подрайона или участка водовмещающего комплекса пород, путем деления вековых или многолетних ресурсов на всю площадь водосодержащего района, определялся модуль обеспеченности. Последний позволяет судить о том, какими вековыми или многолетними запасами воды располагает конкретная единица площади гидрогеологического района или бассейна.

Прогнозные ежегодно возобновляемые (восполняемые) региональные запасы подземных вод в зависимости от природно-геологических условий их залегания оценивались различными методами. В районах, примыкающих к участкам с хорошо изученными гидрогеологическими условиями, в которых определялись размеры питания водоносных горизонтов, оценка ресурсов подземных вод базировалась на материалах, полученных ранее. Зная область питания и годовое количество атмосферных осадков, расходующихся на просачивание, нетрудно было, например, оценить ежегодно возобновляемые запасы подземных вод, образующиеся за счет инфильтрации зимне-весенних осадков по формуле:

$$Q = \frac{F \cdot h \cdot 1000}{t},$$

где Q — возобновляемые запасы, *м³/сек;*

h — слой атмосферных осадков, *мм;*

F — площадь питания водоносного горизонта, *км²;*

t — время, *сек.*

Величина возобновляемых запасов за счет фильтрации из реки чаще всего определялась как разность расходов водотока на вышележащих и нижележащих створах. Возобновляемые запасы, формирующиеся за счет подземного стока со смежных структур районов водосодержащих комплексов, там, где был известен коэффициент фильтрации пород (K), уклоны потока (i) и живое его сечение (ω), определялись по известной формуле $Q = Ki\omega$.

Однако в большинстве случаев для определения прогнозных возобновляемых запасов подземных вод приходилось пользоваться методом гидрогеологической аналогии. Зная структуру пород (трещиноватость, пористость, пустотность), климатические, гидрогеологические, геоморфологические условия района, подрайона, участка, с известной осторожностью приходилось подбирать такие коэффициенты просачивания атмосферных осадков, удельные потери воды из рек, которые определялись в аналогичных природных гидрогеологических условиях. В процессе многолетних гидрогеологических исследований было установлено, например, что в абсолютном большинстве районов Казахстана формирование возобновляемых запасов происходит за счет инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков на площадях развития соответствующих водовмещающих комплексов пород. При этом, основываясь на опытных данных, было подмечено, что доля этих осадков по отношению к среднегодовым колеблется от 3—5 до 30—50% и чаще всего составляет 8—12%. Это также сыграло известную роль в прогнозной оценке возобновляемых запасов подземных вод.

Совокупность работ по очень осторожной прогнозной оценке возобновляемых запасов показала, что общая величина их, равная 800 *м³/сек*, составляет всего 4,6% от среднегодового количества осадков, выпадающих на территории республики.

Принципы прогнозной оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод

Эксплуатационные ресурсы (запасы), вернее эксплуатационный расход подземных вод, чаще всего выражаемые в *м³/сек* (*м³/сутки*), фактически составляют часть общих природных ресурсов гравитационной воды, заключенной в водоносных горизонтах, комплексах, обладающих определенными поровыми или пустотными емкостями. Поэтому при региональной прогнозной оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод чрезвычайно важно иметь данные об общих естественных их запасах. При огромных вековых ресурсах (например, в крупных артезианских бассейнах, мощных, широко распространенных грунтовых потоках) или же ограниченных вековых (многолетних) запасах (например, в долинах рек), но зато ежегодно возобновляемых в значительных размерах, речь может идти о возможности извлечения больших эксплуатационных ресурсов и об обеспеченности района (подрайона, участка) достаточным количеством извлекаемых подземных вод. Там, где вековые и многолетние ресурсы ограничены (небольшие бассейны, маломощные грунтовые потоки), ежегодно возобновляемые запасы также незначительны, можно говорить об ограниченности или бедности гидрогеологического района (комплекса) эксплуатационными подземными водоисточниками.

Следующим важным моментом в прогнозной оценке эксплуатационных запасов является время, в течение которого будут использоваться природные запасы подземных вод. При повсеместной очень интенсивной эксплуатации подземных вод в течение короткого периода времени из

крупного артезианского бассейна можно было бы извлечь огромные эксплуатационные ресурсы, но это может вызвать быстрое истощение общих запасов. В случае региональной сработки вековых и многолетних запасов в течение довольно длительного времени с учетом ежегодного восполнения, естественной и искусственной производительности их, упругого режима можно добиться большого экономического эффекта в освоении природных ресурсов данного гидрогеологического района. Продолжительная эксплуатация подземных вод облегчает также задачу изыскания других водных источников ледникового, поверхностного или же атмосферного происхождения.

Говоря о продолжительности эксплуатации вековых запасов подземных вод, нельзя, однако, ударяться в другую крайность, когда некоторые специалисты, недостаточно знакомые с размерами ресурсов месторождений (бассейнов), за эксплуатационные расходы склонны принимать только ничтожную часть естественно самоизливающихся вековых запасов или в лучшем случае ежегодно возобновляемые запасы. Аналогичные подходы резко ограничили бы эксплуатационные возможности артезианских бассейнов, затормозили бы широкое ирригационное освоение пустынных и полупустынных земель Казахстана. Нельзя полностью согласиться также и с методикой, по которой за эксплуатационные принимаются ресурсы при понижении уровня только до 100 *м*. Между тем в некоторых рудниках (например, Миргалимсай) подземные воды даже при современном уровне техники эксплуатируются при понижении до 300 *м*. Исходя из задач быстрейшего развития народного хозяйства, к артезианским бассейнам нужно подходить как к месторождениям полезных ископаемых, которые нужно использовать постепенно и планомерно.

Принимая во внимание соображения при прогнозной оценке региональных эксплуатационных ресурсов крупных артезианских бассейнов, мощных, широко распространенных грунтовых потоков, располагающих запасами, исчисляющимися десятками и сотнями миллиардов кубометров, и большими модулями водообеспеченности, допускаемое время использования вековых ресурсов условно было принято равным 100 годам, а в отдельных районах — 130.

Для ограниченных бассейнов, нешироко распространенных маломощных грунтовых потоков с природными многолетними запасами, исчисляемыми миллиардами, редко десятками миллиардов кубометров, время использования (особенно в местах с острой нуждой народного хозяйства в воде) было определено примерно в 50 лет.

Третьим важным моментом при определении эксплуатационных ресурсов является установление технико-экономической возможности использования вековых многолетних запасов. Учитывая, что современные технические средства извлечения фактически уже сейчас позволяют сработать водоносные горизонты (даже при большой мощности) на 50—60%, современные допустимые эксплуатационные запасы брались равными до 50% вековых или многолетних. Однако, учитывая возможность усовершенствования откачечных средств в будущем, извлечение предельно допустимых эксплуатационных ресурсов из мощных водоносных горизонтов с качественной водой составит до 80% вековых. В гидрогеологических районах или перспективных водовмещающих комплексах пород, в которых наряду с вековыми (многолетними) определялись также ежегодно возобновляемые запасы, общие эксплуатационные ресурсы подземных вод района оценивались как совокупность вековых (многолетних) и ежегодно восполняемых. Следовательно, прогнозный эксплуатационный расход природных запасов или месторождений под-

земных вод гидрогеологического района, исходя из современных и перспективных возможностей извлечения, в общем виде можно представить следующими формулами:

$$Q = \frac{q}{2 \cdot 100 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 60^2} + q_1, \quad Q_1 = \frac{4q}{5 \cdot 100 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 60^2} + q_1,$$

где Q — эксплуатационные ресурсы подземных вод при современных методах извлечения, *м³/сек;*

Q_1 — перспективные эксплуатационные ресурсы, *м³/сек;*

q — региональные вековые или многолетние запасы подземных вод, *м³/сек;*

q_1 — ежегодно возобновляемые (восполняемые) запасы, *м³/сек.*

Для приближенного суждения об удельной водообеспеченности территории эксплуатационными ресурсами нами было введено понятие эксплуатационный расходный модуль, выраженный в литрах в секунду и приходящийся на 1 *км²* площади. Модуль получается путем деления общих эксплуатационных ресурсов на площадь распространения водоносного горизонта или комплекса. Указанная величина в зависимости от мощности водоносного горизонта, водоотдающих свойств пород варьирует в широких пределах (от десятых долей литра в секунду до 5—10 *л/сек*). Наконец, при оценке эксплуатационных запасов подземных вод нами было учтено еще важное обстоятельство, на которое обычно ранее при гидрогеологических расчетах не обращалось внимания. Известно, что до сих пор эксплуатационные запасы подземных вод рассматриваются как непрерывный расход потока воды. Если это справедливо в отношении водообеспечения крупных промышленных объектов, крупных городов с непрерывным потреблением воды в течение 24 часов в сутки, то этого нельзя сказать в отношении использования воды для ирригации, обводнения пастбищ и даже в большинстве случаев для водоснабжения населенных пунктов. Для орошения подземной водой источники непрерывно используются только в течение четырех месяцев, для обводнения — двух месяцев, а для водоснабжения — около шести месяцев. Таким образом, непрерывный расход воды осуществляется в течение половины годичного срока. Это означает, что более половины запасов водоносного горизонта остается неизрасходованной. Это послужило основанием для того, чтобы при нормальном использовании подземных вод только в определенные часы и в вегетационные периоды эксплуатационные расходы воды увеличить вдвое против величин, полученных при непрерывной эксплуатации подземных вод из водокаптажных сооружений. Такой подход к оценке эксплуатационных запасов, на наш взгляд, позволит выявить дополнительные ресурсы для нужд народного хозяйства.

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ КАЗАХСТАНА

У. М. АХМЕДСАФИН

Известно, что подземные воды грунтового типа сравнительно легко доступны для вскрытия и наблюдения, поэтому они и наиболее изучены. В Казахстане, например, такие воды вскрыты десятками тысяч колод-

цев, тысячами мелких скважин, они питают многочисленные источники. Достаточное количество материалов о них позволяет, по крайней мере для большинства районов республики, в первом приближении охарактеризовать качество, глубину залегания воды, производительность, ресурсы и водовмещающие комплексы с учетом закономерностей их формирования и распределения, более или менее достоверно отобразить пространственное распределение указанных параметров на обзорных гидрогеологических картах.

Исходя из указанных предпосылок, изучения большого фактического материала различных научно-производственных организаций, анализа условий залегания и формирования грунтовых вод, отделом гидрогеологии ИГН им. акад. К. И. Сатпаева АН КазССР при участии некоторых других гидрогеологических организаций в 1960—1962 гг. для всей территории республики под руководством У. М. Ахмедсафина была составлена первая гидрогеологическая карта Казахстана масштаба 1 : 1 500 000. Основными авторами карты являются У. М. Ахмедсафин, Ж. С. Сыдыков, С. М. Мухамеджанов, Н. Я. Якупова, С. М. Шапиро, А. Н. Губарев, В. Н. Дмитровский, М. Х. Джабасов, С. Ж. Жапарханов, С. К. Калугин, Н. Ф. Колотилин, В. А. Бочкарева, В. П. Бочкарев, В. Ф. Шлыгина.

В составлении карты в той или иной степени принимали участие или же оказывали помощь материалами также К. А. Абдулахатов, И. А. Баркалов, А. Г. Голубь, Н. З. Зейберлих, Т. Т. Исабаев, Н. М. Владимиров, А. Ф. Калмыков, В. А. Курдюков, С. В. Левин, И. М. Лоскутова, Ж. В. Муртазин, М. А. Мухамеджанов, А. Мухоряпова, В. Н. Островский, А. В. Солнцев, А. В. Сотников, С. Х. Симбердиева, Р. П. Теуш, П. М. Фролов, А. А. Флеров, Н. Ф. Федин, А. Н. Шубин, А. С. Бочкарев, В. С. Жеваго, В. Б. Колпаков, Н. Д. Петров, Н. Р. Шаймерденов, Ф. Кабиев, Г. А. Рейсгоф.

Карта, послужившая основой для гидрогеологического районирования Казахстана, имеет весьма важное значение: во-первых, она дает представление о пространственном распределении важнейших параметров и, во-вторых, позволяет судить о новом подходе к гидрогеологическому картированию обширных аридных районов. В связи с этим ниже вкратце освещаются основные научно-методические приемы, положенные в основу составления указанной карты.

Методика составления карты. В разномасштабных гидрогеологических картах, составлявшихся ранее, чувствовалось стремление в основном показать геологический возраст и уже на этом фоне в отдельных точках отобразить некоторые параметры подземных вод. Такой подход, на наш взгляд, не давал достаточно полного представления о пространственном распределении подземных вод, характеризующихся различными показателями, не говоря уже о том, что при этом в содержании карты больше превалировала геология, чем гидрогеология.

Пытаясь избежать указанных недочетов, мы решили, во-первых, положить в основу карты размещение подземных вод, т. е. поступили так же, как поступают при картировании географы, геоботаники, геологи и почвоведы; во-вторых, давать на карте пространственное распределение главнейших параметров грунтовых вод и условий их залегания; в-третьих, для облегчения суждения о тесной связи между этими параметрами в удобочитаемой форме отобразить их на одной карте.

Основным красочным фоном карты избрана минерализация грунтовых вод, которая, являясь отражением воздействия различных природно-климатических и геологических условий, фактически иллюстрирует важнейшую гидрогеологическую ее сущность.

На основании интерпретации имеющихся данных различными кра-

сками на карте выделены пресные (до 1 *г/л*), слабосолоноватые (1—3 *г/л*), солоноватые (3—5 *г/л*), слабосоленые (5—10 *г/л*), соленые (10—50 *г/л*) воды и рассолы (свыше 50 *г/л*). Там, где дробное расчленение качества воды по тем или иным причинам на данной стадии невозможно, выделены интервалы с содержанием сухого остатка до 3 *г/л*, 3—10 *г/л* и воды с пестрой минерализацией.

Следующим важным параметром грунтовых вод является глубина их залегания, тесно связанная с рельефом местности. Исходя из анализа имеющихся данных и геоморфологических условий, на карте одноцветной (синей) штриховкой различных направлений показаны пределы глубин: до 5, 5—10, 10—30, 30—50, 50—100 *м*. Там, где дробное расчленение затруднено, даются следующие значения: до 10, 30 и 100 *м*.

Третьим важным параметром подземных вод неглубокой циркуляции, нашедшим отражение на гидрогеологической карте, является их производительность, которая в зависимости от водоотдающих свойств пород изменяется от десятых долей литра до 50—100 *л/сек*. Во избежание загромождения карты преобладающие интервалы дебитов или производительность по колодцам и скважинам выделены определенными контурами, а в соответствующих контурах, уже внутри прямоугольников, показаны пределы числовых значений дебитов в литрах в секунду.

Наряду с указанными параметрами, характеризующими подземные воды, на карте нашли отражение возрастно-литологические комплексы пород, к которым приурочены грунтовые воды. Большое разнообразие типов пород, слабая их изученность и расчленение показали, что на данном этапе целесообразно выделять только главнейшие из них, обладающие идентичными гидрогеологическими свойствами. Таких комплексов выделено всего 28.

В целях облегчения всесторонней характеристики грунтовых вод Казахстана, исходя из геолого-геоморфологических особенностей, его территория подразделена на 26 гидрогеологических районов, отличающихся друг от друга присущими им специфическими условиями залегания, формирования, гидрохимии и гидродинамики.

Должное внимание на гидрогеологической карте уделяется прогнозным вековым и многолетним ресурсам грунтовых вод, заключенных в важнейших возрастно-литологических комплексах пород.

Из-за недостаточной изученности и разведанности территории на карте в виде столбиков показаны только прогнозные общие вековые запасы пресных, слабосолоноватых, солоноватых, соленых грунтовых вод. Тем не менее это дает возможность в первом приближении судить о степени обеспеченности отдельных районов республики запасами грунтовых вод различного качества и производительности.

В дальнейшем, по мере накопления материалов, к отображению общих многолетних, возможно, и ежегодно возобновляемых ресурсов можно будет подходить более дифференцированно. На прилагаемой здесь схематической карте показаны только пресные и слабосолоноватые воды (рис. 2).

В целом отображенные на карте основные параметры дают наглядное представление о распределении по территории Казахстана различных по качеству, производительности и расходам грунтовых вод, облегчают задачу решения водной проблемы для отдельных районов за счет подземных водоисточников. Вместе с тем они позволяют в первом приближении судить о взаимосвязи, существующей между указанными параметрами, направленности формирования и гидрогеологических процес-

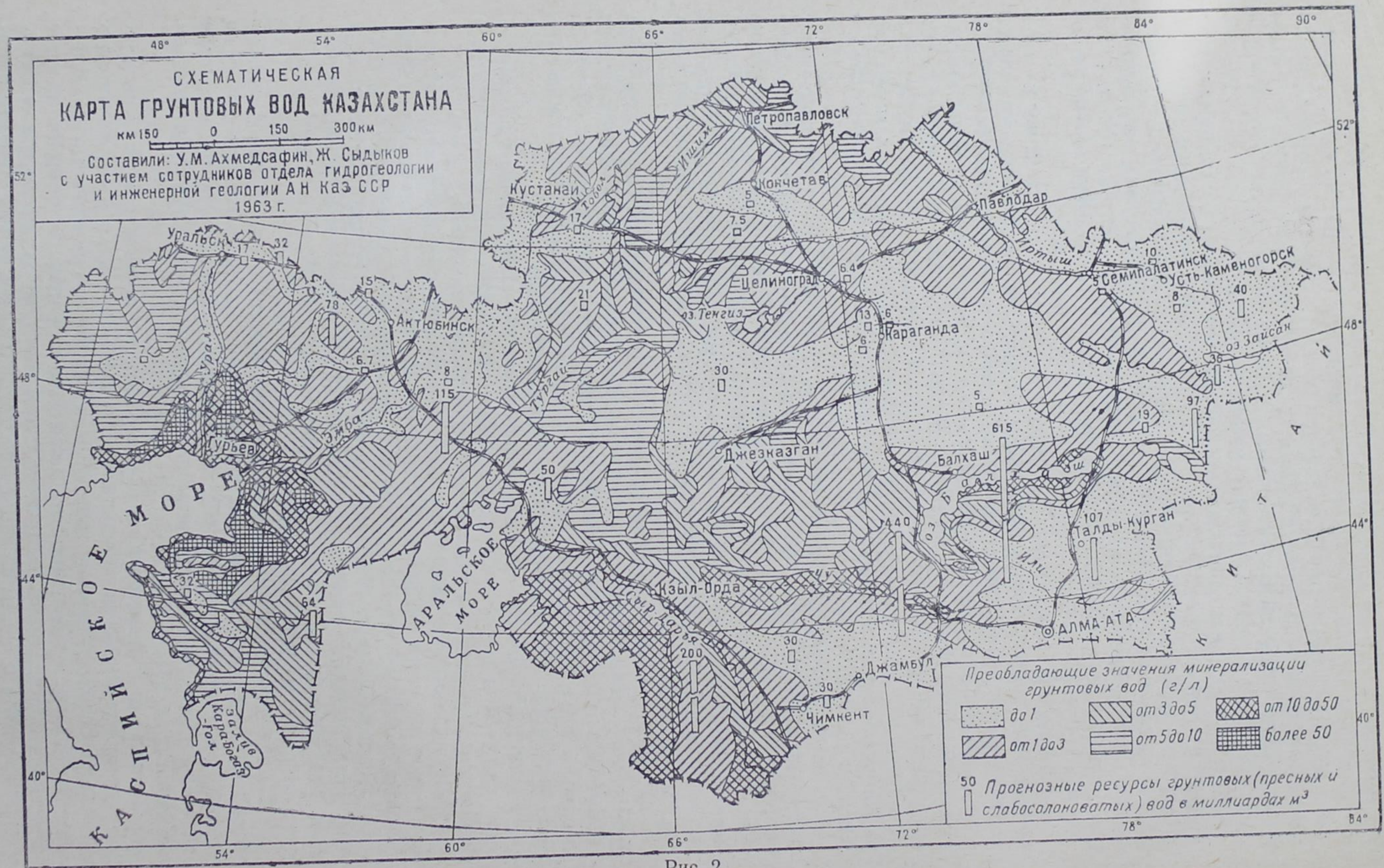

СХЕМАТИЧЕСКАЯ
КАРТА ГРУНТОВЫХ ВОД КАЗАХСТАНА
км 150 0 150 300 км
Составили: У.М. Ахмедсафин, Ж. Сыдыков
с участием сотрудников отдела гидрогеологии
и инженерной геологии АН Каз ССР
1963 г.
Преобладающие значения минерализации грунтовых вод (г/л)
до 1
от 1 до 3
от 3 до 5
от 5 до 10
от 10 до 50
более 50
Прогнозные ресурсы грунтовых (пресных и слабосолоноватых) вод в миллиардах м³
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
АРАЛЬСКОЕ МОРЕ
Уральск
Актюбинск
Гурьев
Кустанай
Петропавловск
Кокчетав
Павлодар
Целиноград
Караганда
Семипалатинск
Усть-Каменогорск
Джезказган
Балхаш
Талды-Курган
Кзыл-Орда
АЛМА-АТА
Джамбул
Чимкент
оз. Тенгиз
оз. Зайсан
Урал
Эмба
Тургай
Ишим
Иртыш
Или
Сыр Дарья
Карабогаз-гол
залив
48°
54°
60°
66°
72°
78°
84°
90°
52°
44°
40°

Рис. 2.

сах, о влиянии климата на режим и испарительное засоление грунтовых вод. Рассматриваемая карта вместе с картой прогноза артезианских бассейнов Казахстана и гидрогеологическими материалами, излагаемыми в настоящей работе, является той научной основой, на которой могут базироваться не только обширные детальные изучения и разведка подземных вод, но и планирование водохозяйственных мероприятий с целью решения водной проблемы аридных районов республики с наименьшими затратами средств и времени.

ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН

I. ВЫСОКОГОРНЫЕ И СРЕДНЕГОРНЫЕ ОБЛАСТИ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

У. М. АХМЕДСАФИН, С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, Т. Т. ИСАБАЕВ, Ф. КАБИЕВ, А. В. СОЛНЦЕВ, И. М. ЛОСКУТОВА

Рассматриваемая территория занимает обширные районы Восточного Казахстана, в том числе Алтайскую горную страну (Рудный Алтай и Южный Алтай) и Саур-Тарбагатайскую горную систему. Характерными особенностями района являются приподнятый среднегорный и высокогорный рельеф, большая расчлененность отрогов гор. Для Алтайской горной системы типичны более или менее широкие платообразные приподнятые поверхности, особенно на водораздельных участках. Склоны гор крутые, расчленены глубокими ущельями. Алтайские горы понижаются с востока на запад от 4000 до 1600 *м*. Саур-Тарбагатайская горная система по своему очертанию очень напоминает Алтай, хотя ей присущи также некоторые черты гор Средней Азии. Она как бы состоит из ряда глыб, приподнятых на различную высоту, с крутыми, сильно расчлененными склонами. Вершины гор, как и на Алтае, относительно плоские, отроги хребтов являются более расчлененными. Высота Саур-Тарбагатайских гор колеблется в пределах 2000—3300 *м* над уровнем моря. Рассматриваемые горные системы находятся в области более влажного климата, чем другие районы страны. Годовое количество атмосферных осадков варьирует от 1000 до 1500 *мм* в высокогорных участках до 500—700 *мм* в отрогах гор. На вершинах гор местами скапливаются вечные снега и ледники, дающие начало многочисленным речным артериям. Со склонов Алтайских и Саур-Тарбагатайских гор, помимо Бухтармы, Убы, Нарыма, Ульбы, Кендерлыка, Базарки и других, берут начало многочисленные мелкие речки и их притоки, питающиеся снеготалыми и родниковыми водами.

Горные сооружения Алтая и Саур-Тарбагатая сложены в основном палеозойскими скальными породами, представленными кристаллическими сланцами (они преобладают на Алтае), песчаниками, аргиллитами, мергелями, реже известняками. Осадочные породы сильно дислоцированы, нарушены сбросами, надвигами или серией сбросов, прорваны интрузивными породами, занимающими на Алтае почти 25% площади. Кайнозойские отложения, чехлом прикрывающие некоторые горные склоны или же выполняющие межгорные котловины и речные долины, менее развиты. В речных долинах и межгорных котловинах они представлены валунно-галечниковыми аллювиальными, возможно, и ледниковыми образованиями, а на склонах — делювиально-пролювиальными песчано-суглинисто-щебенистыми отложениями. Трещинные коллекторы,

проникающие на глубину от нескольких десятков до нескольких сот метров, большое количество атмосферных осадков, незначительная величина испарения благоприятствуют формированию в горных районах Восточного Казахстана значительных ресурсов подземных вод преимущественно трещинного типа. Последние, циркулируя по сложной системе трещин и региональных разломов в условиях горного рельефа, образуют быстро действующие спорадические потоки, постоянно пополняющиеся за счет медленного таяния ледников, снегов и выпадения обильных дождей. Разгрузка подземных вод происходит по логам, склонам гор, ущельям и долинам рек в виде многочисленных, часто обильных родников, дающих начало ручейкам и речкам. Некоторая часть трещинных вод, стекая по склонам гор, коллектируется в межгорных депрессиях, долинах рек, выполненных мощной толщей рыхлообломочных отложений, и способствует вместе с фильтрационными водами рек образованию высокопроизводительных грунтовых потоков.

Существование в районе хорошо расчлененных раскрытых геологических структур, активный водообмен в водоносных горизонтах способствуют формированию в Алтайских и Саур-Тарбагатайских горах исключительно пресных и ультрапресных подземных вод щелочного гидрокарбонатно-натриевого, реже гидрокарбонатно-кальциевого состава. В целом в гидрогеологии Алтайских и Саур-Тарбагатайских гор имеется много общего, поэтому они нами выделены в один гидрогеологический район, но вместе с тем в закономерностях распределения и залегания подземных вод, а также их производительности имеются существенные различия. Это послужило причиной для выделения здесь и соответствующего гидрогеологического освещения двух районов второго порядка: Алтайских гор и Калбы и Саур-Тарбагатайской горной системы. Гидрогеология первого района описана У. М. Ахмедсафиным, А. В. Солнцевым при участии И. М. Лоскутовой, а второго — С. М. Мухамеджановым, Т. Т. Исабаевым, Ф. Кабиевым.

Алтайские горы и Калба

Описываемый подрайон, отличающийся резко выраженным горным рельефом, занимает крайнюю восточную часть Казахстана, располагаясь восточнее 82 меридиана. Здесь расположены Алтайские горы, состоящие из переходящих друг в друга хребтов: Холзунского, Убинского, Ивановского, Курчумского, а также Калбинского хребта, отделяющегося от Алтая долиной реки Иртыш. Указанные хребты в восточной части имеют типичный высокогорный характер, абсолютные отметки их достигают 3—4 тыс. *м;* отдельные остроконечные вершины хребтов покрыты снегами, местами — даже ледниками. К западу они постепенно переходят сначала в плоскогорья, а потом — в предгорные возвышенности.

Хребты разделены речными долинами и межгорными котловинами и впадинами (Риддерская, Зыряновская и др.), лежащими на отметках около 500 *м*.

Наиболее крупными водными артериями района являются реки Иртыш (средний годовой расход 900—1000 *м*^{3}/*сек*), Ульба (средний годовой расход 120 *м*^{3}/*сек*), Уба и Бухтарма (средний годовой расход 230 *м*^{3}/*сек* каждой). Кроме того, здесь имеется много таких мелких горных речек, как Таловка, Филипповка, Хариузовка, Журавлевка, Березовка, Сосновка и др.

Климат района континентальный, количество атмосферных осадков значительное, достигает 1000—1500 *мм* в год в высокогорной части и 500—600 *мм* в год на отрогах гор.

В геологическом строении района принимают участие жесткие палеозойские породы осадочного и эффузивно-осадочного комплекса ордовика, силура, девона и карбона, местами прорванные мощными интрузиями. Породы сильно дислоцированы и метаморфизованы, пересекаются многочисленными трещинами и разломами северо-западного направления.

Четвертичные отложения, представленные грубообломочными породами, развиты в основном по долинам рек, в межгорных котловинах, а также небольшим чехлом покрывают склоны возвышенностей.

Среднегорные и высокогорные районы Алтая, отличающиеся трещиноватостью коренных скальных пород, выпадением больших количеств атмосферных осадков, являются аккумуляторами значительных запасов подземных вод преимущественно трещинного типа. Основными водовмещающими породами здесь служат палеозойские эффузивно-осадочные комплексы, интрузивные породы, девон-карбоновые карбонатно-песчаниковые комплексы и четвертичные, преимущественно аллювиальные рыхлообломочные отложения. Подземные воды, приуроченные к указанным возрастно-литологическим комплексам, существенно отличаются как по условиям залегания, так и по производительности и ресурсам, поэтому характеристика их дается по подрайонам распространения соответствующих литологических комплексов.

Палеозойские (отчасти протерозойские) эффузивно-осадочные комплексы, занимающие в рассматриваемом подрайоне более половины площади, согласно В. П. Нехорошеву и И. Е. Егорову представлены кристаллическими и глинистыми сланцами, песчаниками, алевролитами, лавами, туфами, туфогенными породами, эффузивами кислого и основного составов и др. Эти породы сильно дислоцированы и пронизаны многочисленными трещинками, проникающими на глубину до 30—40 *м,* местами и до 60 *м.* Тектонические трещины, особенно в зонах разломов, которыми изобилует район, и в зонах смятия, какой является, например, Иртышская зона смятия (рис. 3), проникают на глубину нескольких сотен метров.

С выветрелой и трещиноватой зоной туфогенно-осадочного комплекса связаны трещинные воды, глубина залегания которых зависит от гипсометрического положения местности и степени расчлененности рельефа. В горной сильно расчлененной части, особенно на склонах гор, по тектоническим трещинам глубина простирается, по-видимому, до 50—100 *м,* а возможно, и более. На водораздельных пространствах, на плоскогорьях с менее расчлененным рельефом эти глубины не превышают, очевидно, 30—50 *м.* Формирование подземных вод происходит как за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на месте, так и подземного стока с вышележащих участков, образующихся в результате просачивания снеготалых и ледниковых вод. Большие уклоны местности, выветрелость горных пород способствуют усиленной циркуляции подземных вод и повсеместной разгрузке их в виде родников по склонам возвышенностей, эрозионным врезам, бортам ущелий, логов, а также по зонам тектонических нарушений.

Дебиты родников в зависимости от литологического состава пород и их трещиноватости колеблются от 4—5 до 170 *м*^{3}/*сутки* (от 0,05 до 2 *л/сек*). Менее водообильными являются сланцы, большей производительностью отличаются подземные воды эффузивов и песчаников (рис. 4). На участке Белоусовского рудника расходы нескольких скважин из эффузивов и песчаников колеблются от 35 до 260 *м*^{3}/*сутки* (0,4—3 *л/сек*) при понижениях уровней от 2,1 до 15 *м.* Ряд скважин, пройденных в Зыряновском районе, дали самоизлив с расходом до 170 *м*^{3}/*сутки* (2 *л/сек*). Зоны тектонических нарушений характеризуются

более повышенной водообильностью. Здесь отмечены родники, расходы которых в отдельных случаях достигают 1700—2600 *м³/сутки* (20—30 *л/сек*). Подземные воды эффузивно-осадочных комплексов отличаются слабой минерализацией, варьирующей от 0,15 до 1 *г/л*, обычно гидрокарбонатно-кальциевым составом и хорошими питьевыми качествами.

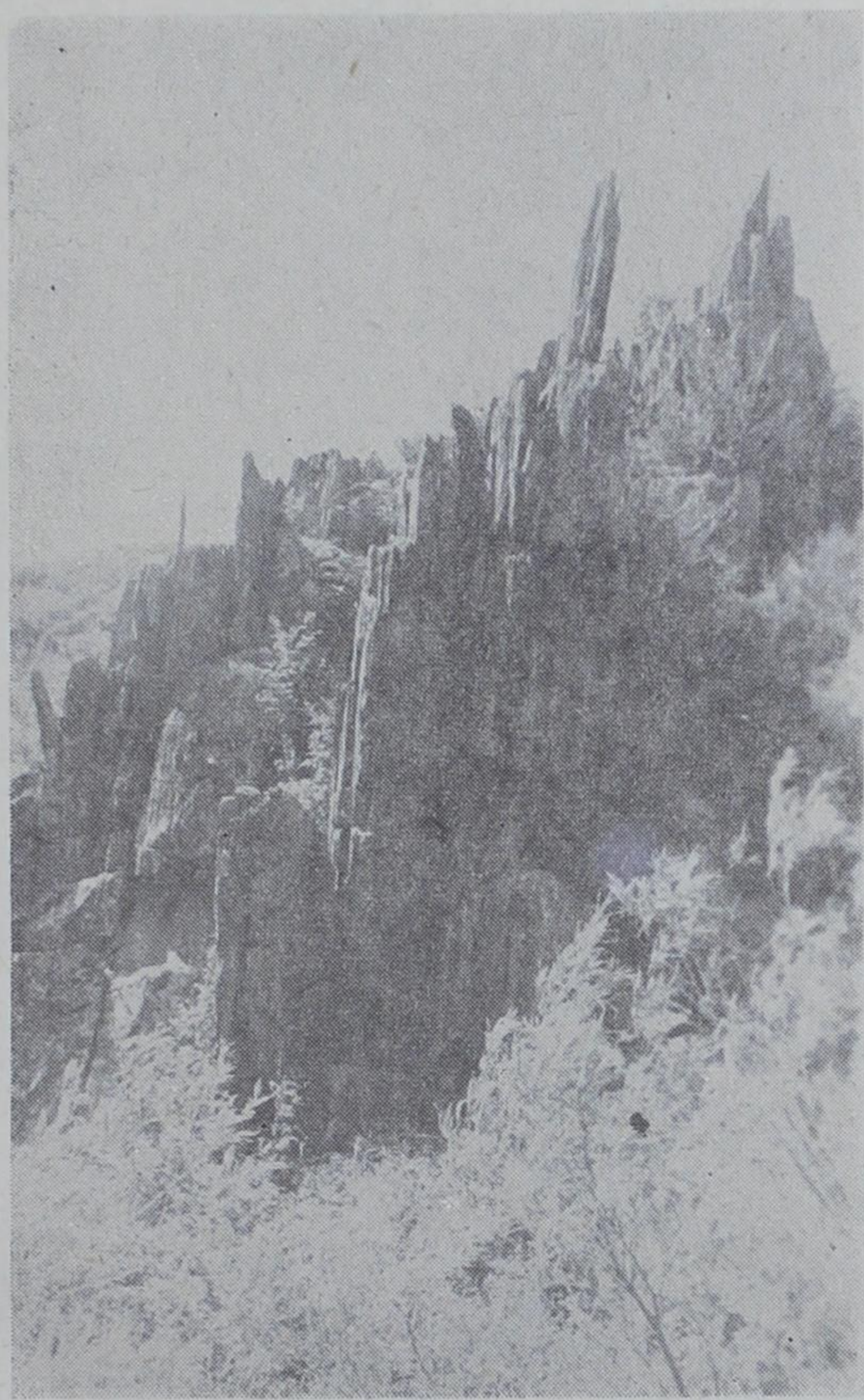


Рис. 3. Рассланцованные туфы нижнего карбона в Иртышской зоне смятия.

Формула наиболее характерного химического состава воды по скважине из сланцев на территории Михайловского совхоза следующая*:

$$M_{0,2}\,\frac{C^{34,3}_{0,155}\,S^{14,4}_{0,04}\quad Cl^{1,3}_{0,003}}{Ca^{37}_{0,002}\,Mg^{6,63}_{0,0005}\,Na^{6,37}_{0,0004}}.$$

---

*Формула Курлова как для этого, так и для других гидрогеологических районов дается в измененном виде (Ахмедсафин, Сыдыков, 1961).

Буквенные индексы обозначают: *M* — минерализацию подземных вод, *г/л*; Cl, S, C — анионы хлора, сульфата и гидрокарбоната; Ca, Mg, Na — катионы кальция, магния и натрия. Цифры при анионах и катионах показывают: внизу — величину их в граммах на литр, вверху — в процентах миллиграмм-эквивалентов.

Рис. 4. Источник из эффузивных пород.

Трещинные воды эффузивно-осадочного комплекса пород Алтая, обладая хорошим качеством, широким площадным распространением, могут служить основным источником водоснабжения для небольших населенных пунктов и обводнения пастбищ. Они могут использоваться как путем расчисток и каптажа существующих источников, так и заложения скважин в наиболее трещиноватых зонах, тектонических нарушениях на глубину до 50—100 *м*.

Интрузивный комплекс представлен гранитами, граносиенитами, гранодиоритами, гранит-порфирами. Наиболее распространенными сре-

ди них являются граниты и гранодиориты, занимающие большие площади на северном и северо-восточном склонах Калбинского хребта, юго-западных склонах Нарымского и Курчумского хребтов, а также юго-восточнее Ленногорска.

Эффективная трещиноватость интрузивных пород, распространяющаяся на глубину до 50—80 *м* (в многочисленных разломах до нескольких сотен метров), обусловливает формирование в них трещинных подземных вод, циркулирующих в зависимости от расчлененности рельефа на глубинах до 50 *м*. Разгружаясь у склонов гор, по ущельям, долинам рек, они дают начало многочисленным обильным источникам, расходы которых в преобладающем большинстве случаев варьируют от 8 до 260 *м³/сутки* (0,1—3 *л/сек*). Несколько скважин, пройденных в районе с. Шемонаиха и г. Зыряновска, показали расходы от 77 до 260 *м³/сутки* (0,9—3 *л/сек*) при понижении уровня воды до 14 *м*. В зонах многочисленных тектонических нарушений, в контактовых зонах с осадочными породами расходы источников нередко составляют 430—1376 *м³/сутки* (5—16 *л/сек*).

Подземные воды интрузивных пород обладают отличными питьевыми качествами, минерализация их не превышает 0,3—0,8 *г/л*, состав преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый. Ниже дается формула наиболее характерного химического анализа воды по скважине в Шемонаихинском совхозе:

$$M_{0,27}\,\frac{C^{44,1}_{0,13}\,S^{4,4}_{0,03}\,Cl^{1,5}_{0,01}}{Ca^{33}_{0,06}\,Mg^{15}_{0,03}\,Na^{2}_{0,006}}\,.$$

Интрузивные породы являются аккумуляторами значительных многолетних и особенно ежегодно возобновляемых ресурсов подземных вод. Если, учитывая спорадическое развитие трещиноватости, площадь интрузивных пород, заключающих подземные воды, принять равной только половине территории их распространения, т. е. 6,5 тыс. *км²*, среднюю мощность водоносного горизонта (вследствие сильной дренированности района) —15 *м* и водоотдачу —0,015, то многолетние прогнозные ресурсы составят 1,5 млрд. *м³*, или 115 млн. *м³* на 1 *км²*. В случае непрерывного использования только половины указанных ресурсов в течение 50 лет можно получить эксплуатационные запасы, равные 0,5 *м³/сек*, с расходным модулем, равным 0,04 *л/сек* с 1 *км²*. Поскольку интрузивные водоносные комплексы находятся в районах обилия атмосферных осадков, то они обладают более значительными ежегодно возобновляемыми запасами. Если допустить, что из нижнего предела атмосферных осадков, равного 600 *мм*, на формирование трещинных вод в гранитоидах уходит только 10% (в некоторых районах — до 12%), т. е. 60 *мм*, то в наиболее трещиноватой части интрузивных пород, равной 6700 *км²*, будет ежегодно накапливаться 13 *м³/сек* возобновляемых запасов, т. е. почти в 26 раз больше многолетних. Такие запасы и являются основным источником питания многочисленных высокодебитных, нередко постоянных родников, мочажин, наблюдаемых на территории распространения интрузивных водоносных комплексов пород.

В целом прогнозные многолетние и возобновляемые региональные ресурсы трещинных подземных вод интрузивных комплексов составляют 13,5 *м³/сек*, а расходные модули —1 *л/сек* с 1 *км²*.

Указанные ресурсы могут быть широко использованы для водоснабжения поселков, обводнения пастбищ как с помощью расчистки и каптажа источников, так и заложения скважин глубиной до 50—100 *м* главным образом в зонах разломов, на контактах разновозрастных гра-

нитоидов или же на контактах последних с осадочными комплексами пород.

Комплекс известняков и известковистых песчаников девона и карбона распространен северо-западнее устья р. Бухтармы, восточнее г. Зыряновска и в районе Калбинского хребта. В первых двух районах он представлен трещиноватыми и раскарстованными известняками, занимающими небольшие участки площадью около 450 *км*². Район Калбинского хребта, за небольшим исключением, состоит из трещиноватых, возможно, и отчасти раскарстованных известковистых песчаников большой мощности. С указанными комплексами связаны трещинные и трещинно-карстовые воды, в зависимости от рельефа местности залегающие на глубинах до 50—100 *м*. Подземные воды почти повсеместно отличаются слабой минерализацией, не превышающей 0,5—1 *г/л*, и гидрокарбонатно-кальциевым составом. Возможно, что только в глубоких горизонтах, не подверженных активному водообмену, могут существовать воды с более повышенной минерализацией и другого химического состава. Производительность трещинных и трещинно-карстовых вод обычно повышенная. Дебиты родников, вытекающих из известняков, чаще всего колеблются от 86 до 1300—1700 *м*³/*сутки* (1—15—20 *л/сек*). Источники, расположенные у истоков реки Селезневки (Бухтарминский район), имеют расходы, достигающие 1700—2600 *м*³/*сутки* (20—30 *л/сек*). Суммарный расход группы родников, называемых Светлый ключ, вытекающих западнее реки Селезневки, равен 11,4 тыс. *м*³/*сутки* (130 *л/сек*) (рис. 5).

Рис. 5. Родник Светлый ключ.

Трещинные и трещинно-карстовые воды обладают значительными многолетними и вековыми ресурсами. Если, учитывая неравномерную трещиноватость известняков, площадь распространения их (в северной

части подрайона) брать равной только $^2/_3$ фактических значений, т. е. 320 *км*², среднюю мощность водосодержащей толщи —100 *м* и среднюю величину коэффициента водоотдачи —0,035, то многолетние ресурсы выразятся цифрой в 1,1 млрд. *м*³, или 2,3 млн. *м*³ на 1 *км*². Беспрерывная сработка 50% этих ресурсов на протяжении 50 лет даст возможность получить 0,36 *м*³/*сек* (при нормальном использовании эту величину можно довести до 0,72 *м*³/*сек*). Расходные модули составят 0,7 (1,4) *л*/*сек* с 1 *км*².

Вековые ресурсы подземных вод, приуроченных к известковистым песчаникам, тоже значительны. Взяв $^2/_3$ площади их развития, что составляет 1066 *км*², среднюю мощность водонасыщенной толщи, равной 50 *м*, и коэффициент водоотдачи —0,025, получим около 1,3 млрд. *м*³, или 810 тыс. *м*³ на 1 *км*² запасов воды. При беспрерывном использовании половины этих ресурсов в течение 50 лет можно рассчитывать на получение 0,27 *м*³/*сек* (при нормальном использовании расход можно довести до 0,54 *м*³/*сек*). Расходные модули будут равны 0,3 (0,6) *л*/*сек* с 1 *км*². Ежегодно возобновляемые запасы известняков и известковистых песчаников с коэффициентом просачивания 0,1 и величиной осадков 500 *мм* определяются в 2,2 *м*³/*сек*. Таким образом, вековые и ежегодно возобновляемые запасы трещинно-карстовых подземных вод составляют около 2,63 *м*³/*сек*, расходные модули — около 1,6 *л*/*сек*. Трещинные и трещинно-карстовые воды могут найти применение в водоснабжении, обводнении пастбищ с помощью проходки скважин глубиной 50—150 *м* и частично каптажа существующих родников.

Аллювиальные отложения в котловинах, чередующиеся, возможно, и с флювиогляциальными, распространены в долинах рек Иртыша, Бухтармы, Убы, Ульбы и других. Они представлены валунно-галечниковыми, гравийно-галечниковыми и песчано-гравийными отложениями и являются мощными коллекторами грунтовых вод.

Мощность водонасыщенных пород аллювия, по данным буровых скважин, составляет десятки метров. Например, в долине реки Ульбы (севернее города Усть-Каменогорска) вскрытая мощность аллювиальных отложений составляет 60—70 *м*. Предельные значения мощностей, по данным геофизических работ, достигают 150 *м*. Даже в долинах таких небольших рек, как Филипповка, Хариузовка, Журавлевка, Вторушка, Березовка, вскрытая мощность аллювиальных отложений составляет 20—60 *м*.

Глубина залегания грунтовых вод в аллювии изменяется от нескольких до 10 *м*. Средние величины коэффициента фильтрации равны 50—60 *м*/*сутки*. По качеству воды пресные, с плотным остатком от 0,3 до 1 *г*/*л*. Тип минерализации гидрокарбонатно-кальциевый.

Формулы наиболее характерных химических анализов воды по скважинам в долинах р. Курчум — пос. Кумашкино (0,41 *г*/*л*) и р. Ульбы — пос. Согры (0,1 *г*/*л*) следующие:

$$M_{(0,41-0,1)}\ \frac{C^{28}_{0,2}\ Cl^{12,5}_{0,07}\ S^{9,5}_{0,06} - C^{47}_{0,1}\ S^{2}_{0,005}\ Cl^{1}_{0,002}}{Ca^{34}_{0,1}\ Mg^{10,5}_{0,02}\ Na^{5,5}_{0,01} - Ca^{32,5}_{0,03}\ Na^{16}_{0,02}\ Mg^{1,5}_{0,008}}.$$

Дебиты скважин, вскрывающие грунтовые воды аллювия, колеблются от 260 до 7000—8600 *м*³/*сутки* (от 3 до 80—100 *л*/*сек*). Из двух скважин, пробуренных в долине реки Ульбы около города Усть-Каменогорска, получены расходы в 5200—6000 *м*³/*сутки* (61—69,4 *л*/*сек*) при понижениях уровня соответственно на 0,82 и 9,4 *м*. В долине реки Хариузовки дебит скважины составил 1700 *м*³/*сутки* (20 *л*/*сек*) при понижении уровня на 8,34 *м*, а в долине Березовки —430 *м*³/*сутки* (5 *л*/*сек*) при понижении его на 4,7 *м*.

По долинам наиболее крупных рек нами подсчитаны многолетние прогнозные ресурсы грунтовых вод, причем средняя мощность обводненной толщи принимается равной 40 *м* и коэффициент водоотдачи—0,2. Полученные величины приведены в таблице 1.

Таблица 1

Долины	Площадь, *км*²	Прогнозные многолетние ресурсы, млрд. *м*³	Прогнозные ресурсы на 1 *км*², млн. *м*³	Эксплуатационные прогнозные запасы при 50% сработки многолетних ресурсов за 50 лет, *м*³/*сек*
Реки Бухтармы	600	4,8	8,0	1,6
Реки Ульбы с притоками	325	2,6	8,0	0,9
Реки Убы	180	1,4	8,0	0,4

Следовательно, многолетние эксплуатационные запасы по трем долинам при 50-летней непрерывной сработке составляют 2,9 *м*³/*сек* или 5,8 *м*³/*сек* при нормальной сработке только в течение 12 часов в сутки. Расходные модули равны 2,6(5,2) *л*/*сек* с 1 *км*². Благодаря наличию хорошо фильтрующих галечников, мощных источников питания в виде поверхностных потоков и стока трещинных вод аллювиальные долины располагают большими, ежегодно восполняемыми запасами. При сработке уровня, равного средней величине годовой амплитуды колебания, т. е. 2 *м*, эксплуатационные запасы выражаются следующими цифрами:

долина р. Бухтармы —8 *м*³/*сек*,

долина р. Ульбы и ее притоков —4 *м*³/*сек*,

долина р. Убы —2 *м*³/*сек*.

По всем долинам восполняемые запасы составляют 14 *м*³/*сек*, а вместе с многолетними — 17(34) *м*³/*сек*. Расходные модули при этом будут равны 15,4 (30,8) *л*/*сек* с 1 *км*².

В случае сработки уровня грунтовых вод наполовину мощности водоносного горизонта, благодаря усиленной и быстрой инфильтрации воды из рек, отличающихся на Алтае большими постоянными расходами, ежегодно восполняемые расходы должны приближаться к сумме многолетних ресурсов, заключенных в 20-метровом слое галечников, т. е. к 142 *м*³/*сек*. Однако эксплуатационные запасы нами берутся равными только 15% среднегодового расхода рек, т. е. 70 *м*³/*сек*, с расходным модулем порядка 63 *л*/*сек* с 1 *км*².

Грунтовые воды аллювиально-галечниковых отложений Алтая могут быть широко использованы для крупного водоснабжения с помощью скважин большого диаметра, пройденных в водоносном горизонте на глубину до 50—100 *м*.

* * *

Из изложенного ясно, что Алтайский гидрогеологический подрайон, находящийся в весьма благоприятных условиях формирования подземных вод, обладает большими эксплуатационными ресурсами. Эти запасы, учтенные только для наиболее перспективных водоносных комплек-

сов — интрузивных пород, известняков и известковистых песчаников и аллювиальных галечников, составляют около 89 *м³/сек* (если эксплуатировать их с перерывами, расходы можно довести до 178 *м³/сек*).

Саур-Тарбагатайские горы

Саур-Тарбагатайские горы, расположенные в юго-восточной части Казахстана, вытянуты в западном и северо-западном направлениях. Абсолютные отметки их колеблются от 1063—1313 *м* на западе до 2500—3000 *м* на востоке. Наивысшую отметку имеют высоты Жалаулы (2992 *м*) на Тарбагатае и Музтау (3816 *м*) на Сауре. Количество выпадающих атмосферных осадков в районе изменяется от 350—400 *мм* в предгорной части и на равнине до 700—800 *мм* в год в пределах водораздельной части хребтов.

Наиболее крупные реки здесь — Аягуз, Базар, Карбуга, Тебеске, Кандысу, Кендерлык, стекающие с северных склонов хребтов, и Урджарка, Хатынсу, Эмель, Кусак, Текебулак, Каргалы, берущие начало на южном склоне.

На рассматриваемой территории выделяются три самостоятельные гидрогеологические зоны, резко отличающиеся друг от друга условиями формирования вод, их минерализацией и пр. При этом в основу их выделения были взяты геоморфологические и возрастно-литологические особенности водовмещающих толщ.

Первая зона занимает водораздельную часть хребтов Тарбагатая и Саура с абсолютными отметками от 2200 до 3800 *м* и является областью формирования подземных вод и питания водоносных горизонтов прилегающих участков. Рельеф высокогорный и среднегорный, сильно расчленен частыми глубокими долинами, логами, балками и оврагами, днища которых расположены гораздо ниже подошвы водоносного горизонта. Годовое количество атмосферных осадков составляет 800 *мм*, причем значительная часть их приходится на летние месяцы. На отдельных затененных склонах ущелий в течение всего года сохраняется снег.

В геолого-структурном отношении зона представляет собой сложное складчатое сооружение (антиклинорий) каледонского времени, сложенное различными массивно-кристаллическими породами палеозоя. Последние сильно дислоцированы, метаморфизованы, смяты в узкие изоклинальные складки северо-западного простирания. Крылья антиклинория осложнены региональными тектоническими разломами субширотного простирания. Все породы в той или иной степени являются водоносными.

Формирование подземных вод происходит исключительно за счет инфильтрации атмосферных осадков главным образом в период весеннего снеготаяния.

Подземные воды приурочены к верхней трещиноватой зоне и образуют поток, циркулирующий по трещинам, гидравлически связанным между собой. Направление потока зависит от рельефа местности и ориентировано в сторону эрозионных врезов. Мощность потока определяется глубиной распространения трещиноватой зоны. Глубина залегания подземных вод в зависимости от рельефа варьирует от 5—10 до 30—40 *м*, а у подножий возвышенностей, сопок, в верховьях речных долин, логов и ущелий они выклиниваются в виде родников, мочажин, образуя заболоченные участки. Преобладающие расходы родников колеблются от 26 до 86—130 *м³/сутки* (0,3—1,5 *л/сек*). Родники, связанные с зонами тектонических нарушений, отличаются высокими расходами, достигающими 432—864 *м³/сутки* (5—10 *л/сек*).

По качеству воды пресные и ультрапресные, с плотным остатком до 0,2 *г/л* и по составу относятся к гидрокарбонатно-кальциевым (см. рис. 2).

Формула характерного химического состава воды по родникам, расположенным в водораздельной части хребта Тарбагатай, в верховьях рек Коктерек (0,14 *г/л*) и Базар (0,19 *г/л*), следующая:

$$M_{(0,14-0,19)} \frac{C^{40}_{0,11}\, S^{7,4}_{0,017}\, Cl^{2,6}_{0,0035} - C^{40,9}_{0,183}\, S^{9,1}_{0,032}}{Ca^{28,2}_{0,025}\, Mg^{12,2}_{0,007}\, Na^{9,6}_{0,01} - Ca^{35,2}_{0,052}\, Na^{7,7}_{0,013}\, Mg^{7,1}_{0,006}}.$$

Многочисленные речные долины рассматриваемой зоны являются естественными дренами подземных вод, а их рыхлообломочные отложения — хорошими аккумуляторами вод. Последние образуют типичные подрусловые потоки с общим направлением движения, совпадающим с направлением речных долин.

В пределах рассматриваемой зоны заключены значительные ресурсы подземных вод. Однако многолетние их запасы ввиду сильной расчлененности территории и затрудненности установления средней мощности водовмещающих пород на данной стадии изученности определить не представляется возможным.

Ориентировочная величина ежегодно возобновляемых запасов подземных вод 138 млн. $м^3$, или около 4,5 $м^3/сек$. При этом в расчет принята площадь 2760 $км^2$, что составляет $^2/_3$ от общей, и 10% атмосферных осадков, участвующих в питании подземных вод, от осадков холодного периода, т. е. 50 *мм*.

В связи со значительными запасами подземных вод и обилием естественных водопроявлений вопросы водоснабжения сельскохозяйственных и других объектов, располагающихся в пределах зоны, могут быть решены весьма успешно. Эксплуатацию подземных вод рекомендуется проводить путем каптажа высокодебитных родников, которые могут давать от нескольких десятков до нескольких сотен кубометров воды в сутки.

Вторая зона выделяется в пределах низкогорных частей Тарбагатая с абсолютными отметками 1500—2200 *м*, главным образом примыкающих к хребту с севера. Поверхность зоны расчленена, однако в отличие от первой зоны здесь зачастую выделяются обширные межгорные долины и равнины. В пределах зоны по литолого-возрастным признакам выделяются три участка.

Первый участок сложен преимущественно осадочными и осадочно-вулканогенными породами девона и карбона. Последние сильно дислоцированы, метаморфизованы и смяты в линейные складки с углами падения на крыльях от 35 до 80°.

Подземные воды приурочены к верхней 50—80-метровой сильно трещиноватой зоне пород и залегают преимущественно на глубинах, не превышающих 20 *м*. В межгорных впадинах подземные воды вскрываются на глубинах до 100—150 *м* и обладают пьезометрическим напором, местами обеспечивающим самоизлив. Мощность обводненной зоны определяется в 25—40 *м*. Средняя производительность водоносного комплекса в скважинах изменяется от 8,6 до 69 $м^3/сутки$ (0,1—0,8 *л/сек*). Родники, связанные с зонами тектонических разломов и приконтактовыми зонами пород, отличаются несколько повышенными расходами, достигающими местами 130—173 $м^3/сутки$ (1,5—2 *л/сек*).

Относительно высокое гипсометрическое положение участка распространения осадочного комплекса и хорошая вертикальная трещиноватость их обеспечивают свободный водообмен, вследствие чего здесь

формируются пресные воды с плотным остатком до 1 *г/л*. По типу минерализации воды гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-сульфатные. Наряду с этим на отдельных бессточных замкнутых котловинах, где уровень подземных вод близко подходит к дневной поверхности, встречаются слабосолоноватые воды с плотным остатком от 1,5 до 2 *г/л*.

Формула характерного химического состава воды по роднику, расположенному в верховье р. Тебеске, следующая:

$$M_{0,18}\,\frac{C^{43,4}_{0,183}\,S^{5,2}_{0,017}\,Cl^{1,4}_{0,0036}}{Ca^{31,5}_{0,044}\,Mg^{10,5}_{0,009}\,Na^{8}_{0,0126}}\,.$$

Трещинные воды формируются как за счет инфильтрации атмосферных осадков, так и стока подземных вод с участков, гипсометрически расположенных выше.

Чтобы иметь представление об эксплуатационных запасах подземных вод в осадочных и осадочно-вулканогенных комплексах пород, исходя из условий залегания и площади распространения, произведен подсчет вековых запасов, которые оказались равными 1,87 млрд. $м^3$, или 125 тыс. $м^3$ на 1 $км^2$ (при подсчете приняты коэффициент водоотдачи, равный 0,01, мощность водовмещающей толщи —25 *м* и площадь распространения —7314 $км^2$, что составляет половину всей площади развития этих пород).

При непрерывном использовании только половины вековых запасов в течение 50 лет ежесекундный расход трещинных вод составит 0,6 $м^3/сек$ (при нормальной эксплуатации водозабор можно довести до 1,2 $м^3/сек$). Расходные модули соответственно будут равны 0,05 (0,1) *л/сек* с 1 $км^2$.

Трещинные воды первого участка могут быть использованы для водоснабжения сельскохозяйственных и других объектов с водопотреблением до 259—432 $м^3/сутки$ (3—5 *л/сек*). Эксплуатация вод возможна как за счет каптажа высокодебитных родников, так и проходки скважин глубиной 75—100 *м*.

Второй участок главным образом представляет собой площади развития гранитоидов. Последние слагают Атбасский, Окпектинский, Актасский, Жельдыкаринский, Акжайлауский, Кызылский, Ушбулакский и многие другие массивы.

Все интрузивные образования представлены розовыми, розовато-серыми лейкократовыми, биотитовыми, роговообманковыми и аляскитовыми гранитами. Гранитоиды полнокристаллические, порфирового облика, с крупными кристаллами кварца и полевого шпата.

Наиболее трещиноватые гранитоиды встречаются в высоких горных сооружениях: Окпекты, Жаманкызылтас, Жельдыкара, Акжайлау, Кызыл и др. (рис. 6). Система крутопадающих трещин распределена по площади неравномерно и в среднем расположена через каждые 0,5—1 *м*. Размеры открытых трещин изменяются от 1—2 *мм* до 0,1—0,3 *м*. Причем с глубиной размеры открытых трещин уменьшаются и в 50—70 *м* от поверхности составляют всего лишь 1—2 *мм* и менее. Степень трещиноватости гранитоидов неравномерная. Трещиноватость, связанная с зонами тектонических нарушений, нередко прослеживается до глубины нескольких сот метров.

Широкое площадное распределение, интенсивная трещиноватость, хорошая обнаженность благоприятствуют формированию в гранитоидах значительных запасов подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Глубина залегания подземных вод колеблется от 1 до 25 *м*.

Преобладающие расходы источников варьируют от 43,2 до 173—259 *м*³/*сутки* (0,5—3 *л/сек*). Родники, приуроченные к зонам нарушений, имеют повышенные расходы — от 259 до 1296 *м*³/*сутки* (3—15 *л/сек*).

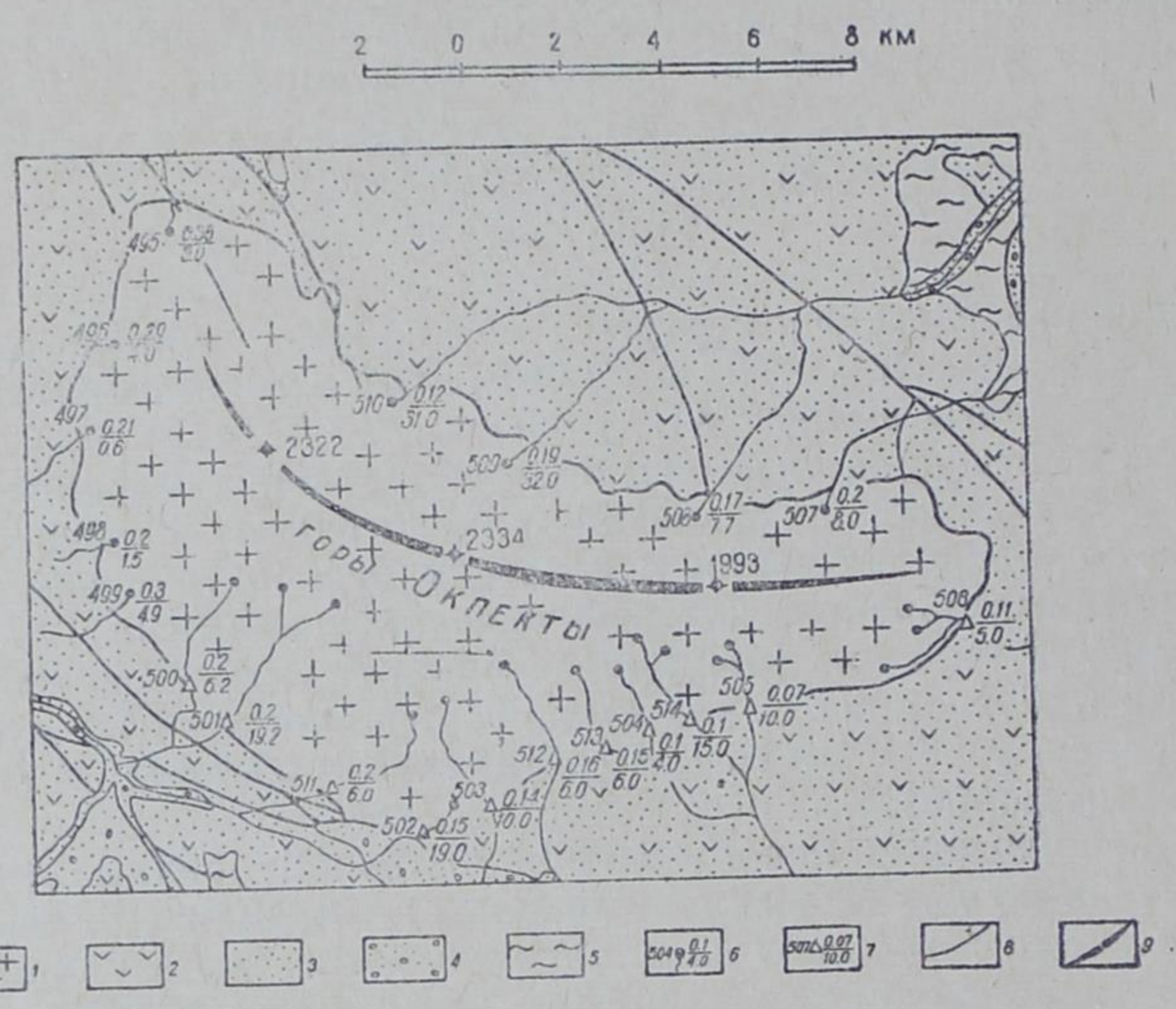


Рис. 6. Характер водоносности Окпектинского гранитного массива. *1*— гранитоиды; *2*—вулканогенные породы палеозоя; *3*— осадочные породы палеозоя; *4*— галечники и пески четвертичной системы, *5*— водоупорные гипсоносные глины неогена; *6*— родник; *7*— место замера расхода, цифры: слева знака — номер водопункта, справа в числителе — минерализация (*г/л*), в знаменателе — расход (*л/сек*); *8*— линия разлома; *9*— линия водораздела.

Следует отметить, что, несмотря на одинаковую глубину эрозионного вреза, не во всех ущельях и логах, расположенных в пределах одного и того же массива, отмечаются естественные водопроявления. Это обстоятельство позволяет предполагать, что циркуляция подземных вод в водораздельной части территории осуществляется не повсеместно, а лишь по наиболее благоприятным участкам и зонам разрывных нарушений. Наряду с этим на отдельных массивах гранитоидов, подверженных интенсивной трещиноватости, наблюдается единый водоносный горизонт, подчиняющийся вполне определенным закономерностям движения.

Трещинно-грунтовые воды почти повсеместно являются пресными и ультрапресными, с плотным остатком от 0,2 до 0,5 *г/л* и характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом.

Формула характерного химического состава воды по родникам, расположенным в районе села Ново-Троицкое (0,18 *г/л*) и в 10 *км* на север от совхоза «Тарбагатай» (0,2 *г/л*), следующая:

$$M_{(0,18-0,2)}\ \frac{C^{40}_{0,17}\,S^{8,6}_{0,028}\,Cl^{1,4}_{0,003} - C^{37,1}_{0,17}\,S^{10,2}_{0,037}\,Cl^{2,7}_{0,007}}{Ca^{38,5}_{0,054}\,Na^{6,3}_{0,010}\,Mg^{5,2}_{0,004} - Ca^{26,2}_{0,039}\,Na^{16,6}_{0,029}\,Mg^{7,2}_{0,0065}}\ .$$

Некоторое увеличение степени минерализации наблюдается в отрицательных формах рельефа, выполненных элювиально-делювиальными образованиями, и в пределах небольших интрузивных тел, значительно удаленных от основных областей питания. Здесь воды обычно гидрокарбонатно-натриевого или гидрокарбонатно-сульфатного типа с плотным остатком 1—1,5 *г/л*.

Принимая в расчет половину площади распространения, что составляет 240 *км*², подсчитаны многолетние запасы подземных вод в пределах второго участка, которые оказались равными 1,4 млрд. *м*³ (при коэффициенте водоотдачи 0,12, средней мощности водовмещающей толщи гранитоидов 50 *м*), или 2,9 млн. *м*³ на 1 *км*². При непрерывном использовании только половины вековых запасов в течение 50 лет ежесекундный расход подземных вод составит 0,5 *м*³/*сек* (при нормальной эксплуатации водозабор можно довести до 1 *м*³/*сек*). Расходные модули с 1 *км*² —2 *л/сек*.

Широкое площадное распространение гранитоидов, содержащих значительные запасы подземных вод хорошего качества, позволяет рекомендовать эти воды в качестве источника питьевого водоснабжения для крупных населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов.

Водозабор может быть осуществлен как путем каптажа высокодебитных родников, так и заложением скважин большого диаметра вблизи родников, зон тектонических нарушений, а также в приконтактовой зоне гранитоидов с менее трещиноватыми породами. Проектная глубина скважин предусматривается равной не менее 100 *м*, что позволит вскрыть всю мощность трещиноватой обводненной зоны. При оборудовании скважин водоподъемными приспособлениями одна подобная скважина может давать 432—864 *м*³/*сутки* (5—10 *л/сек*).

Третий участок устанавливается в пределах Чиликтинской долины с абсолютными отметками поверхности от 1000 до 1400 *м*. Она относится к межгорной равнине, которая окружена хребтами Восточный Тарбагатай, Манрак и Саурскими горами. Долина площадью около 1900 *км*² выполнена четвертичными рыхлообломочными аллювиально-пролювиальными отложениями и подстилающими их третичными глинами. Суммарная мощность их 600—700 *м*.

Располагаясь в непосредственной близости от высоких горных хребтов, где выпадает до 600—700 *мм* атмосферных осадков в год, и имея благоприятные геоморфологические и геологические условия, Чиликтинская долина представляет собой огромный естественный резервуар для накопления подземных вод хорошего качества.

Большинство речек и ручейков, стекающих с гор, почти полностью просачивается в рыхлые отложения конусов выноса, которые затем частично выклиниваются в центральной части долины, образуя речку Кандысу с расходом свыше 4 *м*³/*сек*.

По всей долине имеется сплошной грунтовый поток со свободной поверхностью и значительным уклоном зеркала в сторону центральной ее части.

Водовмещающими породами являются галечники и валунно-галечники, залегающие на третичных глинах, вскрытая мощность которых составляет в среднем около 50 *м*.

Глубина залегания грунтовых вод изменяется в пределах от 2,5—3 в центральной части до 50 *м* в прибортовой части равнины (рис. 7).

Грунтовые воды повсеместно отличаются хорошим качеством, минерализация их не превышает 1—1,5 *г/л*, а по типу они относятся к гидрокарбонатно-кальциевым.

Формула характерного химического состава и минерализации воды

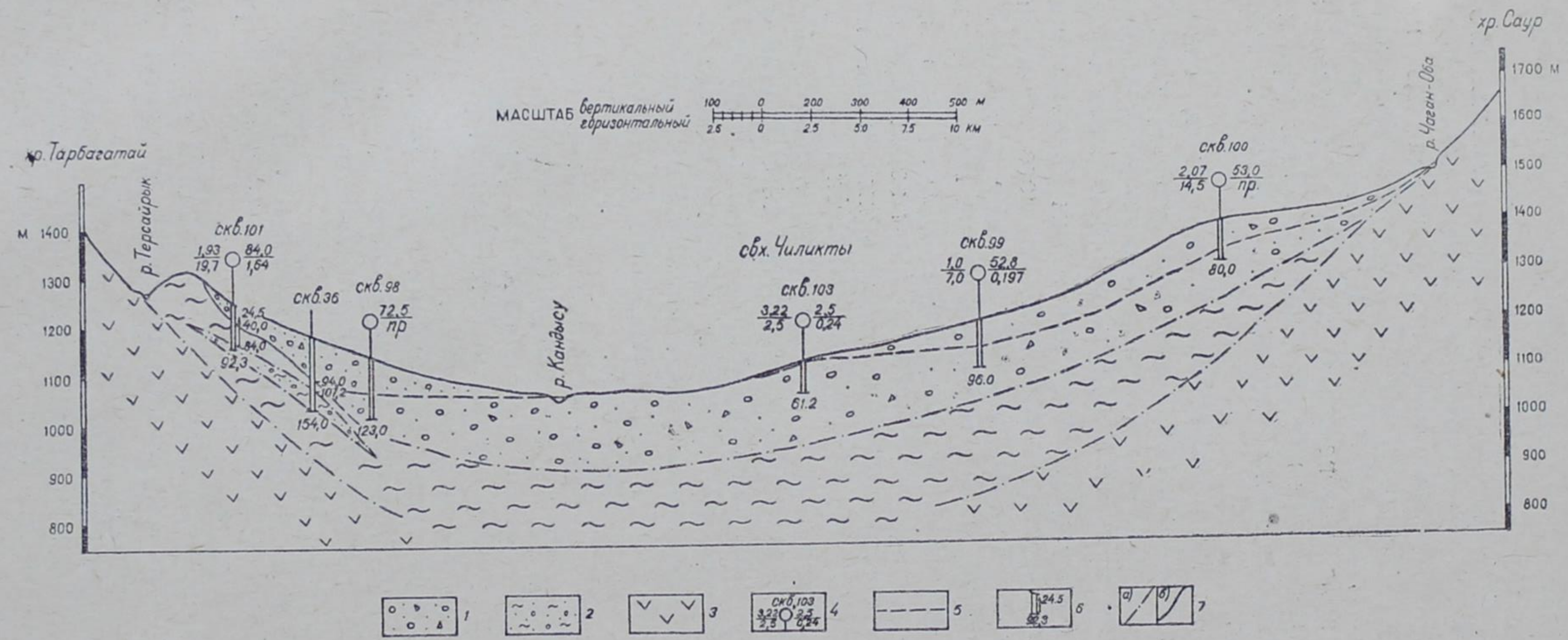


Рис. 7. Гидрогеологический разрез Чиликтинской долины по линии Тарбагатай — Саур (составлен по данным М. М. Сорокина, С. В. Шориной и др.).

1—валунно-галечниковые и галечниково-щебенистые отложения с песчаным заполнителем; *2*—песчано-галечниковые отложения с прослоями глин; *3*—палеозойские породы; *4*—скважина: вверху — номер, слева в числителе — дебит (*л/сек*), в знаменателе — понижение (*м*), справа в числителе — глубина до воды (*м*), в знаменателе — минерализация (*г/л*); 5— уровень грунтовых вод; *6*— обозначения у скважины: внизу— общая глубина (*м*), справа — величина напора (для нижнего водоносного горизонта) и глубина подошвы слоя (*м*); *7*—границы литологических разностей пород: а) установленные; б) предполагаемые.

по скважине, пройденной на ферме совхоза «Чиликты» (0,23 *г/л*), следующая:

$$M_{0,23}\,\frac{C_{0,146}^{28,5}\,S_{0,077}^{19}\,Cl_{0,007}^{2,5}}{Ca_{0,032}^{19}\,Na_{0,03}^{15,5}\,Mg_{0,016}^{15,5}}.$$

Расходы скважин изменяются от 86 до 172 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*), при понижениях уровня грунтовых вод соответственно от 7 до 20 *м*.

Многолетние запасы воды на площади в 1900 *км²* при мощности водоносного горизонта 50 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,2 составляют 19 млрд. *м³*, или 10 млн. *м³* воды на 1 *км²*.

При непрерывном использовании только половины вековых запасов в течение 50 лет ежесекундный расход грунтовых вод будет равен 6 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации водозабор можно довести до 12 *м³/сек*). Возобновляемые запасы подземных вод Чиликтинской долины составляют 1,2 *м³/сек*. Таким образом, общие эксплуатационные запасы подземных вод Чиликтинской долины равняются 7,2 *м³/сек*. При нормальном использовании воды расход ее можно довести до 14,4 *м³/сек*. Расходный модуль 4,0 *л/сек* с 1 *км²*.

Водозабор грунтовых вод в рыхлообломочных четвертичных отложениях Чиликтинской долины рекомендуется осуществлять буровыми скважинами глубиной до 100—150 *м*. Воды могут применяться для обводнения пастбищ и оазисного орошения.

* * *

Таким образом, все учтенные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод высокогорной и среднегорной областей Восточного Казахстана при 50-процентном непрерывном использовании в течение 50 лет составляют 100 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации в вегетационный период и в определенные часы суток эксплуатационный расход можно увеличить до 200 *м³/сек*). Расходные модули при этом будут равны 2,7 (5,4) *л/сек* с 1 *км²*.

При 80-процентном использовании эксплуатационные ресурсы соответственно возрастут до 106 (212) *м³/сек*, а расходные модули —до 2,8 (5,6) *л/сек* с 1 *км²*.

II. ВОЗВЫШЕННЫЙ МЕЛКОСОПОЧНИК С УЧАСТКАМИ НИЗКОГОРИЙ

С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, Ж. В. МУРТАЗИН

Возвышенный мелкосопочник с участками низкогорий занимает центральную и юго-восточную части Семипалатинской области. В пределах описываемого района обособляются Чингизские горы, объединяющие серию параллельных хребтов с резко выраженными сильно расчлененными эрозионными формами рельефа. К востоку и юго-западу от Чингизских гор располагаются разобщенные возвышенности с преобладанием мелкосопочных форм рельефа, разделенных широкими впадинами и долинами рек. Приподнятое в гипсометрическом отношении положение Чингизских гор накладывает определенный отпечаток на климат, гидрографию самих гор, на прилегающие к ним участки возвышенного мелкосопочника.

В геологическом строении возвышенного мелкосопочника Восточного Казахстана принимают участие кристаллические породы палеозой-

ского возраста, а в Чингизских горах преобладают допалеозойские и нижнепалеозойские отложения. Рыхлообломочные кайнозойские отложения распространены у оснований пологих склонов, в пределах межгорных понижений и долинах рек. В связи с тем, что в районе широко распространены трещиноватые кристаллические породы, преобладающими являются трещинные воды. Последние разгружаются главным образом по склонам гор, логам, ущельям и долинам рек в виде родников, дающих начало ручьям и рекам.

Геологические и геоморфологические особенности района обусловливают выделение здесь следующих подрайонов.

Подрайон Чингизских гор и их отрогов

Чингизские горы (протяженность около 230 *км*, максимальная ширина 75 *км*) вытянуты в северо-западном направлении. Они состоят из нескольких разобщенных горных хребтов: Чингизтау, Канчингиз, Акчатау. В пределах западной половины Семипалатинской области подрайон занимает наиболее возвышенную восточную часть Казахского нагорья (абсолютные отметки 1000—1300 *м*) и дренируется многочисленными ущельевидными долинами рек, имеющими большие уклоны (0,02—0,03) и нередко ступенчатые перепады. Горные участки являются основной областью питания и стока поверхностных и подземных вод. Относительное превышение их над окружающими формами рельефа составляет 400—600 *м*. По гребню этих хребтов проходит главный Балхаш-Иртышский водораздел, на склонах которого формируется множество ручьев, дающих начало рекам, стекающим в бассейны р. Иртыша и озера Балхаша. Наиболее крупными реками района являются Шаган и Баканас.

Климат резко континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет 250—300 *мм* в год. В наиболее возвышенных участках, учитывая вертикальную зональность, надо полагать, осадков будет значительно больше. Около 30% осадков приходится на осенне-зимнее время года.

В геологическом строении Чингизских гор и их отрогов принимают участие докембрийские и палеозойские отложения различного генезиса и состава, прорванные изверженными породами. Особенностью геологического строения подрайона является линейное, поясное расположение разновозрастных литолого-петрографических разностей пород, вытянутых почти меридионально согласно простиранию основных структур. Наиболее древние допалеозойские и кембрийские породы залегают в центральной части горных хребтов, которые у подножия гор сменяются более молодыми отложениями ордовика, силура и девона (Борукаев и др., 1962). Разновозрастной комплекс пород на пологих водоразделах, склонах гор и межгорных понижениях перекрыт маломощным чехлом четвертичных образований.

Подземные воды связаны с разновозрастными отложениями, начиная от метаморфических пород допалеозоя и кончая порфирами, порфиритами, туфами и туфопесчаниками, перемежающимися с различными глинистыми и кремнистыми сланцами палеозоя и рыхлыми четвертичными породами. Площади, сложенные коренными породами, занимают почти всю водораздельную часть, в пределах которой формируется гидрографическая сеть района. Водоносной является верхняя наиболее выветрелая и трещиноватая зона мощностью от 20—30 до 50—60 *м*. Наиболее благоприятными участками для накопления значительных запасов подземных вод служат зоны тектонических нарушений, уходящие

на значительную глубину, и элювиально-делювиальные шлейфы, окаймляющие резко выраженные в рельефе дренированные участки.

С кристаллическими породами докембрийского и палеозойского возраста связаны типичные трещинные грунтовые воды, находящиеся близко к поверхности земли, но выше местного базиса эрозии или на уровне дна долин. Только воды тектонических трещин залегают обычно ниже местного базиса эрозии. Речные долины, врезающиеся на глубину от десятков до сотен метров, создают благоприятные условия для дренирования водоносных горизонтов и выхода подземных вод в логах и у оснований хребтов, сопок в виде множества родников и мочажин. Глубокая расчлененность рельефа района обусловливает хороший водообмен, промытость водовмещающих пород до значительной глубины и большую мощность зоны пресных вод, измеряемую десятками метров. Наиболее глубокое залегание трещинных вод (до 50 и более метров) наблюдается на водоразделах. Наименьшие глубины (до 5—10 *м*) прослеживаются на дне долин и у оснований склонов.

Родники, выходы которых приурочены непосредственно к трещинам материнских пород или же к их элювию, обладают хорошим качеством воды; сухой остаток ее обычно не превышает 0,2 *г/л*. Анализ воды родника, расположенного на северном склоне горы Машан, следующий:

$$M_{0,17}\ \frac{C^{45}_{0,18}\ S^{2,5}_{0,006}\ Cl^{2,5}_{0,009}}{Ca^{36}_{0,048}\ Mg^{10}_{0,008}\ Na^{4}_{0,006}}.$$

По составу это обычно гидрокарбонатно-кальциевые воды. Несколько повышенную минерализацию (до 0,5—1 *г/л*) можно наблюдать на участках замедленной циркуляции подземных вод и перекрытых глинистым чехлом делювиальных образований, не благоприятствующих инфильтрации атмосферных осадков (рис. 8). Так, например, родник, расположенный в долине реки Карабулак, имеет следующий химический состав:

$$M_{0,7}\ \frac{C^{26}_{0,36}\ S^{23}_{0,24}\ Cl^{1}_{0,008}}{Ca^{33}_{0,15}\ Na^{10}_{0,05}\ Mg^{7}_{0,02}}.$$

Дебиты водоисточников подрайона колеблются в очень широких пределах — от 43,2—86,4 до 1728—2592 *м³/сутки* (от 0,5—1 до 20—30 *л/сек*). Родники с повышенными расходами распределены по площади неравномерно, значительно больше их на склонах и у подножий сопок, на контакте с менее водопроницаемыми породами и вдоль тектонических дробленых зон. Воды гранитоидов, местами прорывающих эффузивно-осадочные породы, по качеству, количеству и характеру циркуляции почти не отличаются от вод эффузивных и эффузивно-осадочных пород, поэтому они отдельно не рассматриваются.

Подрайон обладает большими ресурсами подземных вод. Прогнозные многолетние ресурсы трещинных вод, если взять в расчет $^2/_3$ площади, что составляет 4700 *км²*, среднюю мощность водоносного горизонта 30 *м* и коэффициент водоотдачи 0,015, составят 21 млрд. *м³*, или 300 тыс. *м³* на 1 *км²* площади.

Обилие естественных водопроявлений, дающих начало множеству ручьев и рек в пределах хребта Чингизтау, позволило подсчитать родниковый сток. По нашим определениям, в межень (1957 г.) значение этого стока колебалось от 2—5 до 10 *л/сек* с 1 *км²*. Средняя величина его по всему северо-восточному склону составляла 2,5 *л/сек* с 1 *км²* площади. Эти данные позволили произвести подсчет восполняемых запасов для всей площади распространения трещинных вод гранитои-

дов (4129 *км*²) и эффузивов (8195 *км*²). Они оказались равными 30,8 *м*³/*сек*.

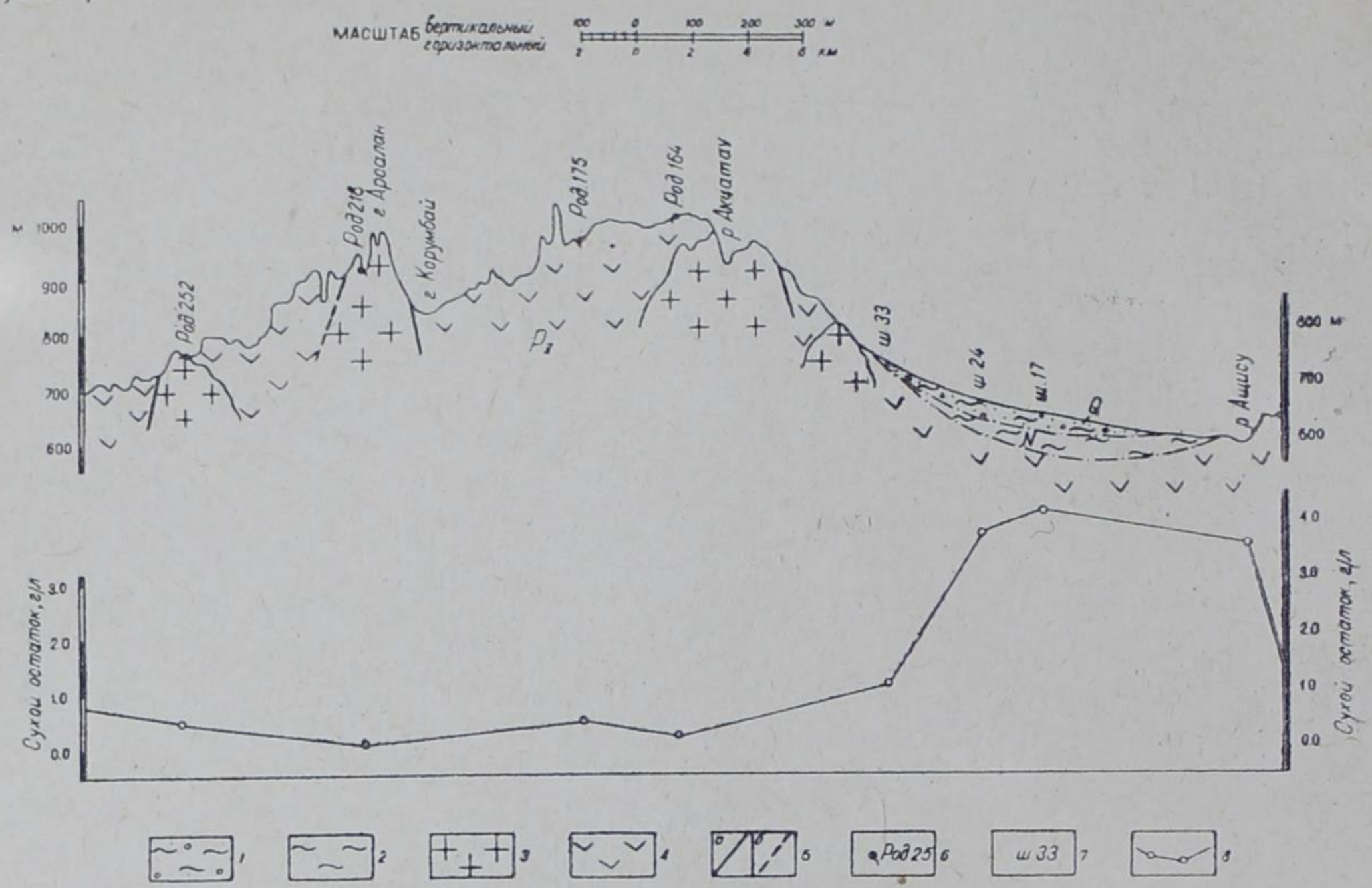


Рис. 8. Геолого-гидрогеологический разрез Чингизских гор по линии Арсалан — Акчатау — Ащису.

1 — гравийно-галечниковые и песчано-глинистые отложения четвертичного возраста; *2* — пестроцветные глины неогена; *3* — гранитоиды палеозоя; *4* — эффузивные и эффузивно-осадочные породы допалеозоя и палеозоя; *5* — зоны тектонических нарушений: *а*) установленные, *б*) предполагаемые; *6* — номер родника; *7* — номер шурфа; *8* — кривая изменения сухого остатка.

Эксплуатационные запасы при использовании 50% многолетних в течение 50 лет составят 0,65 *м*³/*сек* (при нормальном использовании — 1,3 *м*³/*сек*). Общие эксплуатационные запасы трещинных вод подрайона, включая и ежегодно восполняемые, определятся цифрой 31,4 *м*³/*сек*, а расходный модуль — 0,4 *л*/*сек* с 1 *км*². Для использования этих ресурсов рекомендуется делать расчистки существующих родников или же устанавливать дренажно-каптажные сооружения в пределах участков с естественными водопроявлениями. Расход большинства источников зависит от водосборной площади дренируемого ими участка. Исходя из этих данных, можно предсказать ожидаемый максимальный расход проектируемого сооружения.

Подрайон возвышенного мелкосопочника

Территориально возвышенный мелкосопочник почти полностью совпадает с южной частью Семипалатинской области.

Возвышенный мелкосопочник имеет волнисто-всхолмленный рельеф. Абсолютные отметки его варьируют от 700—800 *м* на юго-западе до 400—450 *м* на севере и северо-востоке. Причем на северо-востоке группы невысоких сопок и гряд чередуются с мелкосопочными понижениями и долинами, на общем фоне которых выделяются останцовые горы с абсолютными отметками 900—1000 и более метров (Аркат — 900 *м*, Сарытау — 1097 *м* и др.).

Климат подрайона резко континентальный: лето жаркое, сухое, а зима холодная и продолжительная. Среднегодовое количество осадков

составляет 200—230 *мм*, из которых лишь одна треть приходится на осенне-зимнее время года.

Гидрографическая сеть представлена на севере реками Чар, Жарма, на юго-западе — Баканас, Аягуз и на юге — Кокпекты, Акжал, Аркарлы, а также множеством других рек третьего и четвертого порядков.

В геологическом строении участвуют различные генетические разности пород: изверженные, метаморфические, эффузивно-осадочные и осадочные отложения докембрия и палеозоя. Меньшее значение имеют рыхлообломочные отложения кайнозоя, распространенные в основном на участках межсопочных впадин и долин рек.

В пределах подрайона по литолого-петрографическому составу водовмещающих пород можно выделить четыре гидрогеологических участка: трещинных вод гранитоидов; трещинных и трещинно-карстовых вод осадочных пород девона — карбона; трещинных вод эффузивно-осадочных и эффузивных пород докембрия и палеозоя; грунтовых вод рыхлообломочных четвертичных отложений.

Участок распространения трещинных вод гранитоидов. Водовмещающими породами здесь являются кислые разности интрузивных пород, слагающих различные по величине и форме массивы в основном биотитовых, аляскитовых гранитов, гранит-порфиров, гранодиоритов различной зернистости (рис. 9). Система трещин зоны выветривания обусловливает более или менее равномерную водоносность этих массивов. Однако мощность обводненной зоны в зависимости от рельефных особенностей массива и развития зон локальной трещиноватости изменяется от 20—30 до 50 и более метров. С гранитоидами связано

Рис. 9. Характер трещиноватости гранитов.

немало источников с пресной водой. Это в основном гидрокарбонатно-кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые воды с общей минерализацией до 1 *г/л*. Скважинами, пройденными в Михайловском и Кокпектинском совхозах, на глубине от 5 до 40 *м* вскрыты пресные воды с минерализацией до 1 *г/л* (расход их 345,6—412 $м^3$/*сутки*, или 4—4,7 *л/сек*, при понижении уровня от 2,1 до 9 *м*). Прогнозные вековые ресурсы при условии принятия в расчет $^2/_3$ площади, что соответствует 6000 $км^2$, средней мощности водовмещающей толщи 30 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,02 составят 3,6 млрд. $м^3$, или 400 тыс. $м^3$ на 1 $км^2$ площади.

Эксплуатационные запасы при использовании половины вековых в течение 50 лет будут равны 1,2 $м^3$/*сек*, расходный модуль —0,2 *л/сек*.

Хорошая обнаженность участка, сложенного гранитоидами, благоприятствует восполнению запасов трещинных вод за счет атмосферных

осадков. Если допустить, что в пополнении трещинных вод участвуют только 16-миллиметровый слой из осадков холодного периода года, что соответствует 15% от среднегодового количества осадков, то ежегодно восполняемые запасы на наиболее трещиноватой площади распространения гранитоидов, равной 6000 *км*², составят 96 тыс. *м*³ в год, или 3 *м*³/*сек*.

Эксплуатационные запасы с учетом ежегодно восполняемых выразятся цифрой 4,2 *м*³/*сек*, расходный модуль — 0,5 *л*/*сек* с 1 *км*² (при нормальном использовании запасов 1,0 *л*/*сек*). Указанные ресурсы могут применяться для удовлетворения бытовых нужд поселков и обводнения пастбищ путем каптажа источников и проходки скважин максимальной глубиной до 50—60 *м*.

Участок распространения трещинных и трещинно-карстовых вод осадочных отложений девона—карбона. С осадочными отложениями верхнего девона и нижнего карбона связаны в основном трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды, циркулирующие в ритмично переслаивающихся трещиноватых мелко- и среднезернистых песчаниках, алевролитах, сланцах с прослоями и линзами известняков и известковистых песчаников. Эти отложения слагают узкие антиклинальные и синклинальные структуры с.-з. простирания в восточной половине района. Подземные воды в них циркулируют по различным трещинам и карстовым пустотам и не имеют сплошного разграничивающего водоупора, вследствие чего они нами рассматриваются как единый комплекс водовмещающих пород. Следует отметить, что трещиноватость известняков по сравнению с другими разностями пород здесь значительно бо́льшая и, кроме того, они подвержены карсту, поэтому участки, сложенные ими, с точки зрения накопления подземных вод представляют большой интерес.

У. М. Ахмедсафиным (1959) эти комплексы были выделены на карте прогноза артезианских бассейнов Казахстана как аккумуляторы напорных вод (рис. 10). Трещиноватость и раскарстованность известняков значительно повышают их водопоглощающие и коллектирующие свойства. В местах выхода на поверхность они поглощают атмосферные осадки и поверхностные водотоки. Например, в известняках района железнодорожной станции Суук-Булак и восточнее поселка 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 варьируют от 3,5 до 1555,2 *м*³/*сутки* (0,045—18 *л*/*сек*) при понижении уровня до 1,2 *м*.

Минерализация подземных вод девоно-карбоновых известняков колеблется от 0,3 до 1,8 *г*/*л*, состав воды изменяется от гидрокарбонатно-кальциевого до сульфатно-натриевого.

Приведем анализы по двум родникам:

$$M_{(0,3-1,3)}\ \frac{C^{28,5}_{0,14}\,S^{15,5}_{0,\ 6}\,Cl^{6}_{0,02} - S^{25}_{0,65}\,Cl^{17}_{0,35}\,C^{8}_{0,27}}{Ca^{20,5}_{0,03}\,Na^{18}_{0,03}\,Mg^{11,5}_{0,01} - Na^{18}_{0,3}\,Ca^{15}_{0,16}\,Mg^{17}_{0,07}}\ .$$

Другие литолого-петрографические разности пород девона—карбона обладают значительно меньшей водообильностью. В песчаниках, аргиллитах, алевролитах и сланцах вскрыты грунтовые и слабонапорные воды на глубине от 0,5 до 64 *м* производительностью от 34,5 до 129,6 *м*³/*сутки* (0,4—1,5 *л*/*сек*) при понижении уровня от 0,9 до 20 *м*. Вскрытая мощность обводненной толщи 37—87 *м*.

В пределах девоно-карбоновых структур подземные воды, за исключением обнаженных участков, залегают на значительных глубинах и в

центральных частях приобретают напор; возможны даже случаи самоизлива.

Многолетние вековые ресурсы при средней мощности водовмещающей толщи 80 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,02, при $^1/_2$ площади, что соответствует 4080 *км*^{2}, равны 6,5 млрд. *м*^{3}, или 800 тыс. *м*^{3} на 1 *км*^{2}.

Эксплуатационные запасы при использовании половины вековых в течение 50 лет будут равны 2,1 *м*^{3}/*сек*, расходный модуль — 0,25 *л*/*сек* с 1 *км*^{2}. Ежегодно восполняемые запасы, если допустить, что в пополнении подземных вод участвует только 10% атмосферных осадков осенне-зимнего периода (10 *мм*), составят 69,66 млн. *м*^{3} в год, или 2,2 *м*^{3}/*сек*.

Общие эксплуатационные запасы с учетом восполняемых выразятся цифрой 4,3 (8,6) *м*^{3}/*сек*, расходный модуль — 0,5 *л*/*сек* (при нормальном использовании 1,0 *л*/*сек*). Извлечение подземных вод отложений девона—карбона в большинстве случаев возможно скважинами глубиной до 100—150 *м*, максимальная производительность которых может достигать 1296—1728 *м*^{3}/*сутки* (15—20 *л*/*сек*). Приведенные данные позволяют рекомендовать подземные воды участка для водоснабжения крупных сельскохозяйственных и промышленных объектов.

Участок развития эффузивных, эффузивно-осадочных пород докембрия и палеозоя. Трещинные воды участка связаны с невыдержанными по мощности и простиранию, различными по генезису и литолого-петрографическому составу сильно дислоцированными породами, представленными в основном измененными эффузивами диабазового и трахитового составов, порфиритоидами, разнообразными кварцитами и сланцами, туфами и туфопесчаниками. Эти комплексы по сравнению с гранитоидами менее водообильны. Значительная часть зияющих трещин выполнена продуктами выветривания. Тем не менее, трещинные воды в значительных количествах накапливаются в зоне выветривания, где разнообразные по генезису трещины создают условия для свободной циркуляции воды. Сопоставление относительных отметок естественных водопроявлений с рельефом позволяет считать мощность водоносной толщи равной 30—40 *м*, а реже — и более. Наряду с пресными водами с общей минерализацией до 1 *г*/*л* на участках затрудненного водообмена и удаленных от областей питания встречаются и слабосолоноватые с минерализацией до 3 *г*/*л* и более. Воды эти преимущественно щелочные, со смешанным составом. Расходы источников изменяются от тысячных долей до 1 *л*/*сек* и более. Однако дебиты преобладающего большинства источников составляют 8,6—43,2 *м*^{3}/*сутки* (0,1—0,5 *л*/*сек*).

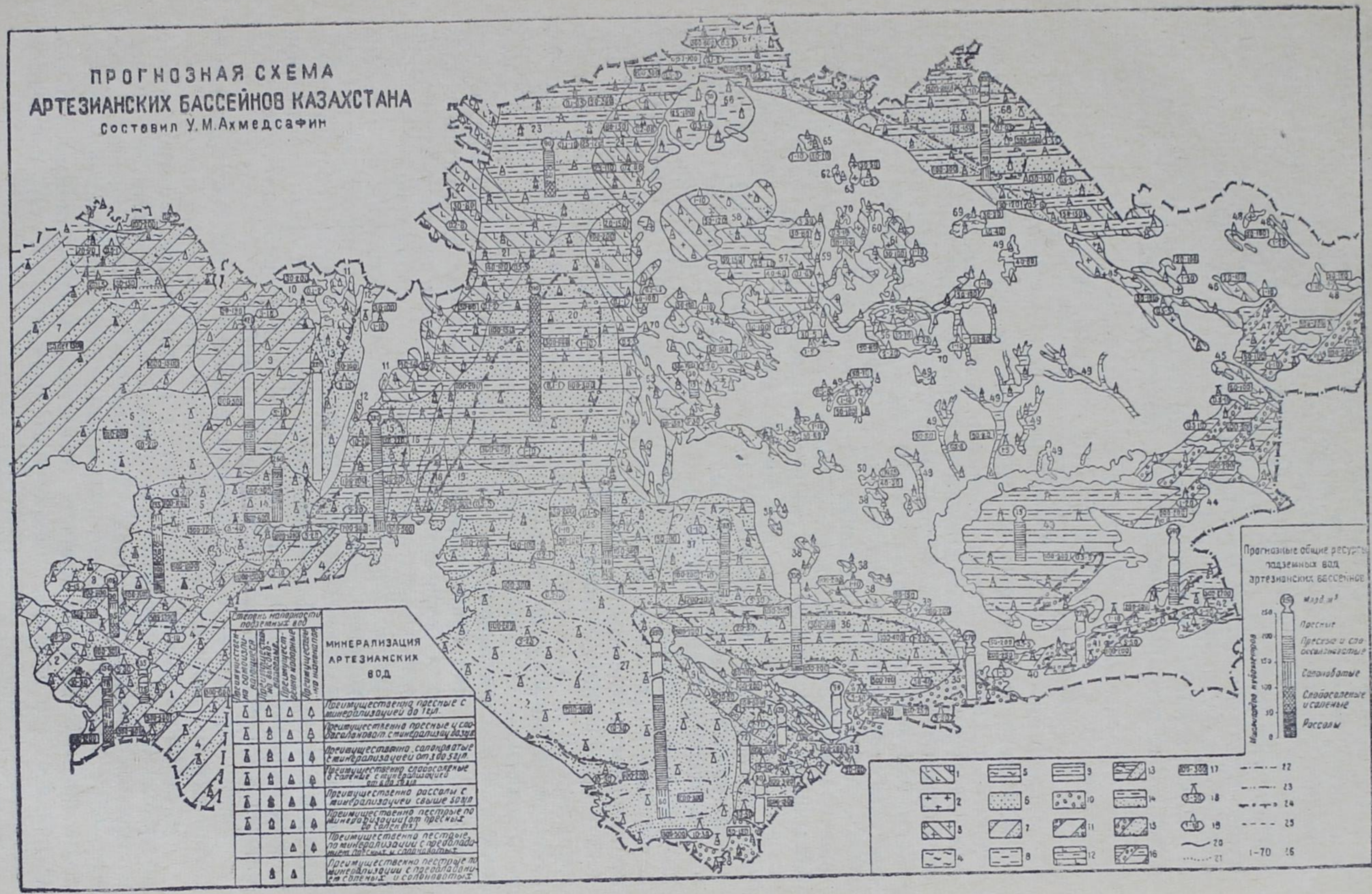
Прогнозные вековые ресурсы для $^1/_2$ площади, равной 48 799 *км*^{2}, при средней мощности водоносного горизонта 35 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,015 составят 25,6 млрд. *м*^{3}, или 260 тыс. *м*^{3} на 1 *км*^{2}. При непрерывном использовании половины этих ресурсов в течение 50 лет эксплуатационные запасы будут равны 8 *м*^{3}/*сек* (расходный модуль — 0,08 *л*/*сек* с 1 *км*^{2}). Весьма ориентировочный подсчет ежегодно возобновляемых запасов воды при коэффициенте инфильтрации 0,13 из осадков холодного периода года показывает величину порядка 444 млн. *м*^{3} в год, или 14 *м*^{3}/*сек*.

Эксплуатационные запасы с учетом возобновляемых ресурсов составят 22 *м*^{3}/*сек*. Расходный модуль — 0,2 *л*/*сек* с 1 *км*^{2}. Максимальная производительность, достигнутая при наибольших понижениях (1—2 *м*), обычно не превышает 43,2—86,4 *м*^{3}/*сутки* (0,5—1 *л*/*сек*).

Приведенные данные позволяют рекомендовать подземные воды участка для водоснабжения мелких хозяйств со сравнительно небольшими запросами. Эксплуатировать их можно путем каптажа источников и проходки скважин.

Участок распространения грунтовых вод рыхлообломочных четвертичных отложений. В пределах рассматриваемого участка широко распространены грунтовые воды, связанные преимущественно с отложениями аллювиально-пролювиального, делювиально-пролювиального генезиса, представленными разнозернистыми песками, гравийно-галечниковыми и песчано-глинистыми образованиями Они слагают в основном речные долины, склоны возвышенностей и межсопочные понижения. Наибольший интерес представляют грунтовые воды аллювиальных отложений и воды предгорных шлейфов. В аллювиальных отложениях

Рис. 10. Условные обозначения: *1*—субартезианские воды допалеозойских и палеозойских трещиноватых комплексов пород, имеющие спорадическое распространение (Pt+ +Pz); *2*—артезианские и субартезианские воды девоно-карбоновых трещинно-карстовых известняков и трещиноватых песчаников (D+C); *3*—артезианские и субартезианские воды аналогичных отложений, имеющие спорадическое распространение (D—C); *4*—артезианские воды юрских рыхлых конгломератов, песков, песчаников (J); *5*—артезианские воды аналогичных пород, имеющие спорадическое распространение (J); *6*—артезианские воды меловых (преимущественно альб-сеноманских) разнозернистых песков, реже песчаников (Cr); *7*—артезианские воды аналогичных меловых пород, имеющие спорадическое распространение (Cr); *8*—артезианские и субартезианские воды третичных, преимущественно мелкозернистых (часто глинистых) песков, редко рыхлых песчаников и конгломератов (Tr); *9*—артезианские и субартезианские воды аналогичных комплексов пород, имеющие спорадическое распространение (Tr); *10*—артезианские и субартезианские воды четвертичных (преимущественно аллювиально-пролювиальных) галечников и песков (Q); *11*—артезианские и субартезианские воды аналогичных комплексов пород, имеющие спорадическое распространение (Q); *12*—субартезианские воды поэтажно залегающих третичных, палеозойских и допалеозойских комплексов пород $\left(\frac{Tr}{Pt+Pz}\right)$; *13*—артезианские воды поэтажно залегающих меловых и юрских комплексов пород $\left(\frac{Cr}{J}\right)$; *14*—артезианские воды поэтажно залегающих третичных и меловых комплексов пород $\left(\frac{Tr}{Cr}\right)$; *15*—артезианские и субартезианские воды поэтажно залегающих четвертичных и меловых комплексов пород $\left(\frac{Q}{Cr}\right)$; *16*—артезианские и субартезианские воды поэтажно залегающих четвертичных и третичных комплексов пород $\left(\frac{Q}{Tr}\right)$; *17*—пределы предполагаемых глубин залегания водоносных горизонтов (комплексов), *м*; *18*—пределы предполагаемой производительности водоносных горизонтов (комплексов) при самоизливе, *л/сек*; *19*—пределы предполагаемой производительности водоносных горизонтов (комплексов) при откачках, *л/сек*. Границы: *20*—артезианских бассейнов, *21*—контуров с различной минерализацией воды, *22*—контуров с различной степенью напора воды, *23*—контуров с различными пределами глубин залегания водоносных горизонтов (комплексов), *24*—распространения термальных вод, *25*—различных литологических комплексов пород; *26*—бассейны: *1*—Мангышлакский, *2*—Южно-Мангышлакский, *3*—Бузачинский, *4*—Устюртский, *5*—Южно-Эмбенский, *6*—Южно-Урало-Эмбенский, *7*—Северо-Каспийский, *8*—Приуральский, *9*—Урало-Эмбенский, *10*—Приилекский, *11*—Мугоджарский, *12*—Орский, *13*—Северо-Эмбенский, *14*—Донгузтауский, *15*—Челкарский, *16*—Джиланский, *17*—Тогузский, *18*—Чокусинский *19*—Аральско-Саксаульский, *20*—Центрально-Тургайский, *21*—Западно-Тургайский, *22*—Джетыгара-Бурлинский, *23*—Тобок-Убаганский, *24*—Убаган-Ишимский, *25*—Восточно-Тургайский, *26*—Мынбулакский, *27*—Кзылкумский, *28*—Голодностепский, *29*—Келесский, *30*—Арысский, *31*—Южно-Каратауский, *32*—Каратауский, *33*—Аксу-Угамский, *34*—Асса-Таласский, *35*—предгорий Киргизского Алатау, *36*—Муюнкумский (Чу-Таласский), *37*—Сарысу-Бетпакдалинский, *38*—Бетпакдалинский, *39*—Курманкумский, *40*—Копинский, *41*—предгорий Заилийского Алатау, *42*—Илийский, *43*—Южно-Прибалхашский, *44*—предгорьев Джунгарского Алатау и Алакульской впадины, *45*—Аксуат-Джаркинский, *46*—Калбинский, *47*—Зайсанский, *48*—Алтайский, *49*—древних долин, *50*—Акдалинский, *51*—Караджал-Коктасский, *52*—Атасуйский, *53*—Улутауский, *54*—Южно-Тенизский, *55*—Михайловско-Сокурский, *56*—Карагандинский, *57*—Тениз-Кургальджинский, *58*—Атбасарский, *59*—Целиноградский, *60*—Осакаровско-Ерементауский, *61*—Шидертинский, *62*—Богембайский, *63*—Бестюбинский, *64*—Макинский, *65*—Коксенгирский, *66*—Келлеровский, *67*—Северо-Казахстанский, *68*—Прииртышский, *69*—Майкюбенский, *70*—небольших палеозойских структур.


ПРОГНОЗНАЯ СХЕМА
АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА
Составил У.М.Ахмедсафин
Степень напорности подземных вод
Преимущественно на самоизливающиеся
Преимущественно на высокие
Преимущественно ниже напорные
Преимущественно на малонапорные
МИНЕРАЛИЗАЦИЯ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД
Преимущественно пресные с минерализацией до 1гл.
Преимущественно пресные и солоноватые с минерализацией до 3гл.
Преимущественно солоноватые с минерализацией от 3 до 5гл.
Преимущественно слабосолёные и солёные с минерализацией от 5 до 10гл.
Преимущественно рассолы с минерализацией свыше 50гл.
Преимущественно пестрые по минерализации от пресных до солёных
Преимущественно пестрые, по минерализации с преобладанием пресных и солоноватых
Преимущественно пестрые по минерализации с преобладанием солёных и солоноватых
Прогнозные общие ресурсы подземных вод артезианских бассейнов
Пресные
Пресные и слабосолоноватые
Солоноватые
Слабосолёные и солёные
Рассолы
1-70

долин рек водовмещающими породами служат в основном гравийно-галечниковые отложения, которые к устью и бортам долин сменяются песками, супесями и суглинками. Вскрытая мощность их в долинах рек Тентек, Жарма, Кокпекты, Кзылсу составляет от 2 до 32 *м*. Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 1 до 6 *м*. Производительность отдельных скважин, вскрывших грунтовые воды, колеблется от 35 до 500 *м*³/*сутки* (0,4—5,9 *л*/*сек*) при понижении на 0,9—2,6 *м*. Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые и сульфатно-натриевые с общей минерализацией 0,5—1 *г*/*л*.

Воды, вскрытые в долине реки Чар на площадке цементного завода и восточнее поселка Новотаубинка, показали следующий химический состав:

$$M_{(0,7-1,0)}\frac{C^{26,3}_{0,26}\,S^{22,8}_{0,24}\,Cl^{0,9}_{0,007}-S^{38}_{0,8}\,C^{7}_{0,2}\,Cl^{5}_{0,09}}{Ca^{32,6}_{0,15}\,Na^{10}_{0,05}\,Mg^{7,4}_{0,02}-Na^{22}_{0,25}\,Ca^{20}_{0,2}\,Mg^{8}_{0,05}}.$$

Согласно подсчетам В. В. Дмитриева и др. (1960), производительность грунтового потока долины р. Аягуз у железнодорожной станции Актогай при ширине долины 50 000 *м*, средней мощности водоносного горизонта 36 *м*, уклоне потока 0,001, среднем коэффициенте фильтрации 46,3 *м*/*сутки* составляет 0,9 *м*³/*сек*. Прогнозные многолетние ресурсы аллювиальных вод долины р. Аягуз, площадь которой равна 2075 *км*², при средней мощности водоносного горизонта 18 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,20 будут достигать величины 7,47 млрд. *м*³, или 3,6 млн. *м*³ на 1 *км*². Расход грунтового потока долины р. Каракол на широте колхоза «Шолпан» при ширине потока 27 000 *м*, средней мощности водоносного горизонта 31 *м*, уклоне потока 0,002, при среднем коэффициенте фильтрации 46,3 *м*/*сутки* выразится цифрой 0,89 *м*³/*сек*. Многолетние ресурсы аллювиальных вод долины р. Каракол, площадь которой равна 1295 *км*², при средней мощности 10,0 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,2 составят 2,69 млрд. *м*³, или 2,0 млн. *м*³ на 1 *км*². Производительность грунтового потока долины р. Кокпекты у поселка Кокпекты при ширине потока 15 000 *м*, средней мощности водоносного горизонта 10 *м*, уклоне потока 0,0023 и среднем значении коэффициента фильтрации 50 *м*/*сутки* составляет 0,02 *м*³/*сек*. Многолетние ресурсы аллювиальных вод долины Кокпекты площадью 500 *км*² при средней мощности 5 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,2 равны 500 млн. *м*³, или 1 млн. *м*³ на 1 *км*². Таким образом, суммарный расход грунтовых потоков только по трем вышеприведенным долинам рек составляет около 2 *м*³/*сек*. Прогнозные многолетние ресурсы аллювиальных вод всех долин — 10,5 млрд. *м*³. При извлечении только половины их в течение 50 лет можно получить 3,5 *м*³/*сек* (при нормальном использовании расход можно довести до 7 *м*³/*сек*). Расходные модули соответственно равны 0,9 (1,8) *л*/*сек*. Возобновляемые запасы при величине коэффициента инфильтрации 0,15 из осадков холодного периода года выражаются цифрой 35 млн. *м*³ в год, или 1,1 *м*³/*сек*.

Таким образом, эксплуатационные запасы с учетом ежегодно возобновляемых составят 4,6 *м*³/*сек*. Расходный модуль — 1,2 *л*/*сек* с 1 *км*².

Предгорные шлейфы Чингизских гор отличаются заметно большими уклонами, значительной расчлененностью, оврагами и логами. В строении шлейфа принимают участие щебенистые суглинки мощностью от 0,5—1 до 5 *м*, которые подстилаются валунно-галечниками мощностью 20—30 *м*, по возрасту относимые к четвертичным. По мере удаления от гор размеры обломочного материала и его процентное содержание в разрезе уменьшаются.

С валунно-галечниковыми отложениями связан мощный подзем-

ный поток, направленный на восток и северо-восток. Глубина залегания грунтовых вод в вершинной части конусов находится в пределах 10—30 *м*, но по мере удаления от областей питания она уменьшается до 0,5—2 *м*. В урочищах Кырык-Кудук, Маяк и других грунтовые воды очень близко подходят к поверхности и образуют соровые участки. Однако видимых выходов грунтовых вод в этой полосе не наблюдается.

Минерализация и химический состав грунтовых вод изменяются по потоку по мере удаления от областей питания, при этом наблюдается постепенное увеличение сухого остатка от 0,2 до 30 *г/л* и последовательная смена гидрокарбонатных вод сульфатными и далее хлоридными.

Производительность водоносных комплексов предгорных шлейфов колеблется от 86 до 860 $м^3$/*сутки* (от 1 до 10 *л/сек*). В периферийных частях предгорных шлейфов из-за суглинистых пропластков и разницы высот между областью питания и распространения можно ожидать появления высоконапорных вод, а в ряде случаев — даже самоизливающихся.

Питание подземных вод участка происходит за счет фильтрации поверхностных вод северо-восточного склона Чингиз-Акчатауского горного хребта в вершинных частях конусов выноса. Произведенными в 1956, 1957 гг. замерами расходов рек на различных участках было установлено, что потеря стока на один километр пути реки в среднем составляет 33 *л/сек*. Эти воды, фильтруясь в русловой части рек через валунно-галечниковые отложения, участвуют в пополнении общих запасов подземных вод предгорного шлейфа.

Кроме того, подземные воды шлейфа получают еще дополнительное питание за счет подземного стока трещинных вод северо-восточного склона Чингиз-Акчатауского хребта. Подземный сток трещинных вод, по данным Ю. В. Мухина (1949), составляет 12% от суммы годовых атмосферных осадков. Исходя из этих данных, величину стока в пределах района можно выразить цифрой 56 млн. $м^3$ в год (из расчета 2000 $км^2$ площади и 12% от годового количества атмосферных осадков).

Таким образом, суммарная величина ежегодно восполняемых запасов подземных вод предгорного шлейфа Чингизских гор достигает более 100 млн. $м^3$ в год, что дает возможность извлекать из недр земли более 3 $м^3$/*сек* воды, а при нормальном извлечении расход можно довести до 6 $м^3$/*сек*. Расходный модуль — 3(6) *л/сек* с 1 $км^2$. Исходя из общих гидрогеологических условий, видим, что пресные воды в достаточных количествах (с дебитом выработок от 86,4 до 864 $м^3$/*сутки*, или от 1 до 10 *л/сек*) можно получить в неширокой предгорной полосе путем проходки неглубоких шахтных и трубчатых колодцев глубиной до 50 *м*. При удалении от гор качество вод и фильтрационные свойства пород резко ухудшаются. На этих участках питьевое водоснабжение следует осуществлять за счет напорных вод, не требующих специальных глубинных водоподъемных устройств.

* * *

Общие учтенные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод всего второго гидрогеологического района при 50-процентном непрерывном использовании в течение 50 лет составляют 69,5 $м^3$/*сек* (при нормальном использовании — до 139 $м^3$/*сек*), расходные модули при этом будут равны 2,6 (5,2) *л/сек* с 1 $км^2$.

При 80-процентном использовании эксплуатационные запасы соответственно возрастут до 79 (158) $м^3$/*сек*, а расходные модули — до 4,2 (8,4) *л/сек* с 1 $км^2$.

III. МЕЛКОСОПОЧНЫЕ РАВНИНЫ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, Ж. В. МУРТАЗИН, С. КУНАНБАЕВ

Район мелкосопочной равнины занимает северо-западную часть Восточно-Казахстанской и северную часть Семипалатинской областей. На востоке и юго-востоке он ограничен предгорьями Убинского, Ивановского хребтов. Южная граница проходит от северо-западных предгорий Калбинского хребта до северных предгорий Чингизских гор. На севере мелкосопочная равнина граничит с Прииртышской низменностью. На фоне слабовсхолмленной мелкосопочной равнины (абсолютные отметки 450—500 *м* на юге и 200—250 *м* на севере), усложненной котловинами озер и долинами рек, выделяются небольшие по площади останцовые горы с абсолютными отметками 450—800 и более метров (Кельмембет — 450 *м*, Семейтау — 600 *м*, Кокантау — 821 *м*).

Гидрографическая сеть района представлена рекой Иртыш (среднегодовой расход 900 *м*³/*сек*), его притоками: Кызылсу, Чар, Мукур, Шаган, Уба, Шульбинка и множеством других рек третьего и четвертого порядков, а также бессточными озерами различной солености (Шолактерек, Тузколь, Каспабулакколь, Сасык, Шуга, Карабастуз и др.). Климат района резко континентальный: лето жаркое и короткое, а зима холодная и продолжительная. Среднегодовое количество осадков от 400 *мм* на востоке уменьшается на западе до 200 *мм* в год, из которых лишь одна треть приходится на осенне-зимнее время. В геологическом строении района участвуют эффузивно-осадочные, осадочные отложения палеозоя и рыхлообломочные отложения мезозой-кайнозоя.

В палеозойских скальных породах устанавливается выветрелая зона, простирающаяся до глубины 20—40 *м*, которая обусловливает накопление в них подземных вод трещинного типа. Ниже указанных глубин, за исключением дробленых зон и тектонических разломов, проникающих на значительную глубину, измеряемую десятками и сотнями метров, трещиноватость палеозойских пород резко сокращается, и они становятся практически безводными. Среди палеозойских отложений водоносными являются следующие комплексы: гранитоидов, эффузивов, эффузивно-осадочных и осадочных пород.

Комплекс гранитоидов. Из палеозойских пород наибольшей трещиноватостью и водоносностью отличаются гранитоиды. Они дают начало выходам родников по склонам положительных форм рельефа и эрозионным врезам.

Дебиты преобладающего большинства источников составляют 8,6—86,4 *м*³/*сутки* (0,1—1 *л*/*сек*). Несколько повышенный расход имеют источники, приуроченные к дробленым тектоническим зонам, к контакту с более монолитными породами и верхней наиболее выветрелой (до состояния дресвы и разнозернистых песков) зоне гранитоидов. Так, расход источника Дельбегетей, расположенного в зоне разлома на северо-восточном склоне одноименной горы, составил 864 *м*³/*сутки* (10 *л*/*сек*). Скважинами, пробуренными в восточной и юго-восточной частях области в гранитоидах, на глубине до 8 *м* вскрыты гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией до 1 *г*/*л*. Дебиты при откачках изменялись от 11,2 до 155 *м*³/*сутки* при понижениях уровней от 12 до 20 *м*. В пониженных участках, перекрытых глинами, трещинные воды обладают напором. Так, например, в гранитоидах, залегающих под третичными глинами, в Бородулихинском районе скважинами на глубинах 43,5—70,8 *м* вскрыты напорные гидрокарбонатно-кальциево-магниевые воды с об-

щей минерализацией 0,3—0,5 *г/л*, гидрохимическая формула которых такая:

$$M_{0,3}\,\frac{C^{45}_{0,25}\,S^{4}_{0,015}\,Cl^{1}_{0,003}}{Ca^{35}_{0,06}\,Mg^{11}_{0,01}\,Na^{4}_{0,007}}.$$

Уровень воды установился на глубине 7,2—6,8 *м* от поверхности земли. Расходы скважин при откачках равнялись 36—82 *м³/сутки* (0,43—0,95 *л/сек*) при понижениях на 3,7—28 *м*. Основным источником питания трещинных вод гранитоидов являются атмосферные осадки, выпадающие на обнаженных участках интрузивных массивов. Дебиты источников из гранитоидов непостоянны, изменяются во времени и находятся в зависимости от климатических условий. Максимум наблюдался весной, минимум — в августе и в первой половине сентября. Трещинные воды гранитоидов района обладают значительными многолетними ресурсами. Если, учитывая неравномерную трещиноватость, в расчет брать $^2/_3$ от площади, т. е. 3542 *км²*, среднюю мощность, равную 30 *м*, и коэффициент водоотдачи 0,02, то многолетние прогнозные запасы их составят 1,4 млрд. *м³*, или 400 тыс. *м³* на 1 *км²* площади. Эксплуатационные запасы в случае использования половины многолетних в течение 50 лет составят 0,4 *м³/сек* (при нормальном использовании 0,8 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 0,16 (0,32) *л/сек* с 1 *км²*.

Хорошие питьевые качества вод гранитоидов и значительные дебиты отдельных источников позволяют использовать их отдельными животноводческими фермами, совхозами и колхозами для водоснабжения. При этом наиболее перспективными участками для заложения эксплуатационных на воду выработок максимальной проектной глубиной 30—50 *м* являются сухие русла временно действующей гидрографической сети, лога, ложбины стока, склоны и подножия возвышенностей.

Эффузивы и эффузивно-осадочные комплексы пород допалеозоя и палеозоя слагают структуры, являющиеся продолжением Чингизских и Аркалыкских гор, описанных в первом и во втором гидрогеологических районах. В мелкосопочной равнине они занимают более низкие абсолютные отметки со слаборазвитой дренажной сетью. Естественных водопроявлений на этой площади значительно меньше. Преобладающие дебиты источников 8,6—43,2 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). В наиболее дренированных возвышенных участках воды пресные. По мере удаления от областей питания минерализация вод повышается до 2—3 *г/л*.

Для подтверждения сказанного в качестве примера приведем данные анализов вод, полученные по двум родникам, расположенным на северо-восточном склоне г. Караадыр:

$$M_{(2,0-3,0)}\,\frac{S^{35}_{0,92}\,C^{10}_{0,32}\,Cl^{5}_{0,1} - S^{38}_{1,6}\,C^{6}_{0,16}\,Cl^{6}_{0,4}}{Na^{24}_{0,3}\,Mg^{17}_{0,1}\,Ca^{9}_{0,1} - Na^{36}_{0,7}\,Mg^{8}_{0,08}\,Ca^{6}_{0,1}}.$$

Прогнозные многолетние ресурсы трещинных вод, приуроченных к эффузивным и эффузивно-осадочным породам, если принимать в расчет половину площади распространения от общей, равную 9130 *км²*, среднюю мощность 25 *м* и коэффициент водоотдачи 0,01, составят 1,14 млрд. *м³*, или 120 тыс. *м³* на 1 *км²* площади. Эксплуатационные запасы при 50-процентном использовании многолетних в течение 50 лет составят 0,36 (0,72) *м³/сек*, а расходные модули — 0,04 (0,08) *л/сек* с 1 *км²*.

Комплекс осадочных отложений нижнего, среднего карбона и верхнего девона занимает в основном продольные синклинальные и анти-

клинальные структуры. Водоносной является верхняя наиболее выветрелая и трещиноватая зона. В зависимости от литолого-петрографического состава вскрываемых скважинами пород качество воды и дебиты изменяются в очень широких пределах. Например, в совхозе Усть-Каменогорском Таврического района скважинами в глинистых сланцах на глубине 32 *м* под водонепроницаемыми третичными глинами вскрыты гидрокарбонатно-натриевые воды с минерализацией 0,5 *г/л*. Вода установилась на глубине 1,9 *м*. Расход оказался равным 40 *м³/сутки* (0,44 *л/сек*) при понижении на 35 *м*. В биотитовых сланцах в совхозе им. Калинина Таврического района вскрыты гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевые воды с минерализацией 0,86 *г/л*. Дебит 518 *м³/сутки* (6 *л/сек*) при понижении уровня на 2 *м*.

Скважиной, пройденной в совхозе Коростелевском в кварцево-хлоритовых сланцах, залегающих на глубине 54 *м* под неогеновыми глинами, обнаружен водоносный слой с расходом в 28,4 *м³/сутки* (0,34 *л/сек*) при понижении уровня на 42,3 *м*. Минерализация воды здесь 3,3 *г/л*, а химический состав воды следующий:

$$M_{3.3}\,\frac{S^{31}_{1,5}\,C^{14}_{0,87}\,Cl^{5}_{0,16}}{Na^{37}_{0,8}\,Mg^{8}_{0,1}\,Ca^{5}_{0,1}}.$$

Наибольшей водообильностью среди осадочных отложений отличаются участки, сложенные карбонатными разностями. Карстовые явления на поверхности выражены слабо. Тем не менее значительным числом скважин северо-западнее железнодорожной станции Чарская и в ряде других участков устанавливаются раскарстованность и кавернозность известняков. Трещинно-карстовые воды в них залегают на глубине от 5 до 80 *м*. Вскрытая мощность водонасыщенной зоны составляет 80—100 *м*. Производительность скважин варьирует от 3,9 до 1548 *м³/сутки* (0,045—18 *л/сек*) при понижении уровня до 1,2 *м*. Минерализация воды изменяется в пределах от 1,1 до 1,5 *г/л*. Приводим формулы характерного химического состава воды:

$$M_{(1,1-1,5)}\,\frac{S^{25}_{0,38}\,Cl^{8}_{0,08}\,C^{7}_{0,13} - S^{32}_{0,9}\,Cl^{10}_{0,2}\,C^{8}_{0,3}}{Na^{28}_{0,4}\,Mg^{19}_{0,13}\,Ca^{3}_{0,03} - Na^{23}_{0,34}\,Ca^{14}_{0,16}\,Mg^{13}_{0,09}}.$$

Как видно, состав воды сульфатно-натриевый. Основным источником питания вод осадочных комплексов пород являются атмосферные осадки, а также подземный и поверхностный стоки. Карбонатные породы обладают значительными вековыми ресурсами вод. Если взять в расчет $^2/_3$ площади от 4700 *км²*, среднюю мощность за 80 *м* и коэффициент водоотдачи равным 0,03, то вековые ресурсы составят 7,51 млрд. *м³*, или 1,6 млн. *м³* на 1 *км²* площади. Эксплуатационные запасы при использовании половины вековых ресурсов в течение 50 лет без учета ежегодно восполняемых запасов составят 2,4 *м³/сек* (при нормальном использовании—4,8 *м³/сек*). Расходные модули—соответственно 0,5 (1) *л/сек* с 1 *км²*. Участки, сложенные карбонатными породами, могут быть рекомендованы для заложения разведочно-эксплуатационных скважин на воду с проектной глубиной 100—150 *м*.

Аллювиальные и делювиально-пролювиальные отложения характеризуются наличием в их толще в основном грунтовых вод. В пределах низких и высоких пойм р. Иртыша и его притоков Чар, Уба и других распространены аллювиальные, песчаные и галечниковые отложения мощностью до 15—50 *м*. В них на глубине от 0,5 до 10 *м* залегают гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией до 0,5 *г/л*, кото-

рые от русел к бортам сменяются водами гидрокарбонатно-сульфатного состава с минерализацией до 1 *г/л*, реже и более. Граница распространения аллювиальных вод в галечниковых отложениях хорошо прослеживается по сохранившимся формам пойменного рельефа. Мощность водонасыщенной зоны непостоянна и изменяется от 0,3 до 10—40 *м*. Глинистые и суглинистые линзы, пропластки в некоторых выработках обусловливают местный напор от 1 до 4 *м*. Питание грунтовых потоков происходит за счет фильтрации поверхностных вод реки, подземного стока грунтовых вод, формирующихся в пределах отложений надпойменных террас, а также путем инфильтрации атмосферных осадков. Неоднородность гранулометрического состава водовмещающих пород обусловливает и изменчивость производительности водоносных горизонтов от 86 до 860 *м*^{3}/*сутки* (1—10 *л/сек*).

Производительность грунтового потока р. Иртыша у северной границы района при ширине долины 9000 *м*, средней мощности водонасыщенной зоны 20 *м*, уклоне потока 0,0005, среднем значении коэффициента фильтрации 30 *м/сутки* составляет 2,7 *м*^{3}/*сек*. Многолетние прогнозные ресурсы аллювиальных вод долины Иртыша, площадь которой равна 1506 *км*^{2}, при средней мощности водоносного горизонта 20 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,20, составляют 6 млрд. *м*^{3}, или 4 млн. на 1 *км*^{2} площади. Эксплуатационные запасы при использовании 50% многолетних в течение 50 лет составят 2 *м*^{3}/*сек* (при нормальном использовании 4 *м*^{3}/*сек*), расходные модули — соответственно 1,2 (2,4) *л/сек*.

Путем проходок неглубоких шахтных и трубчатых колодцев, скважин и дренажных галерей глубиной от 5 до 10—16 *м* в пределах распространения аллювиальных отложений низких и высоких пойм рек можно обеспечить потребность в воде средних и крупных сельскохозяйственных объектов.

Верхние террасовые поверхности реки Иртыша и его притоков слагают аллювиальный песчаный и песчано-глинистый комплекс отложений мощностью от 0,3 до 55 *м*. Грунтовые воды в них залегают в песках и песчаных глинах на глубине 0,5—10 *м*. Воды пресные, с минерализацией до 1 *г/л*. Питание грунтовых вод отложений террас правобережья происходит за счет подземного стока аллювиальных вод, движущихся из области формирования и разгружающихся в эрозионных уступах террас Иртыша, а также за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на участках, сложенных песчаными породами. Уклон зеркала грунтовых вод на правобережье Иртыша направлен в сторону его русла и, по данным К. Д. Полякова (1955), составляет 0,008—0,012. Минерализация грунтовых вод не превышает 1,0 *г/л*. Расходы скважин, пройденных в аллювии, доходят до 2150 *м*^{3}/*сутки* (25 *л/сек*) при понижении уровня до 4 *м*. В менее благоприятных условиях накопления и разгрузки находятся воды, залегающие в песчано-глинистых аллювиальных отложениях, перекрытых суглинками и глинами на левобережье Иртыша.

Минерализация грунтовых вод в этих отложениях достигает 3 *г/л*, иногда несколько больше. Наиболее интенсивное питание грунтовых вод происходит в период паводка и подземного стока трещинных вод палеозойских пород. В период половодья поверхностные воды, поднимаясь над меженным уровнем на 3—4 *м*, создают естественный подпор, обусловливающий общий подъем зеркала грунтовых вод аллювиальных отложений района. В межень, наоборот, воды отложений террас дренируются русловыми понижениями. Направление движения грунтового потока в зависимости от рельефа водоупорного ложа палеозойских и палеоген-неогеновых отложений происходит от верховьев долин к устьям и от бортов к руслам. Прогнозные многолетние ресурсы

грунтовых вод отложений террас при площади, равной 8190 *км*², средней мощности 10,0 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,12 составят 9,8 млрд. *м*³ (1,2 млн. *м*³ на 1 *км*² площади). Эксплуатационные запасы, исходя из 50-процентной сработки общих запасов и непрерывной 50-летней эксплуатации, выразятся в 3,1 *м*³/*сек* (при нормальном использовании —6,2 *м*³/*сек*), а расходные модули—соответственно 0,3 (0,6) *л*/*сек* с 1 *км*². Воды отложений террас реки Иртыша и его правых притоков могут быть широко использованы отдельными колхозами, совхозами и промышленными объектами, а левобережных притоков — животноводческими фермами и другими мелкими хозяйствами для водоснабжения путем проходки скважин глубиной 20—25 *м*. Однако на данной стадии гидрогеологической изученности этой территории не представляется возможным учесть ежегодно восполняемые запасы за счет инфильтрации паводковых вод, но они, судя по общим условиям, должны быть значительными.

В делювиально-пролювиальных песчано-суглинистых отложениях мощностью до 7—10 *м*, распространенных у подножий сопок и возвышенностей, вскрыты грунтовые воды на глубине до 5 *м*. Водовмещающими породами являются супеси, суглинки с примесью щебня и дресвы. Дебиты водоисточников из делювиально-пролювиальных отложений незначительны. Выработки, располагающиеся ближе к возвышенностям, дают пресную воду, но по мере удаления от положительных форм рельефа качество вод ухудшается и сухой остаток достигает 3 *г*/*л* и более. Питание грунтовых вод происходит в основном за счет подземного стока с сопряженных с делювием участков, расположенных гипсометрически выше. Воды этих отложений могут быть рекомендованы для удовлетворения нужд мелких водопотребителей: полеводческих и тракторных бригад. Эксплуатация возможна путем проходок неглубоких колодцев, шурфов и закопушек.

* * *

Таким образом, уточненные прогнозные эксплуатационные запасы подземных трещинных и трещинно-карстовых вод гидрогеологического района мелкосопочной равнины Восточного Казахстана при условии непрерывного использования половины запасов их в течение 50 лет составляют 3,1 *м*³/*сек* (при нормальном использовании они могут выразиться цифрой 6,2 *м*³/*сек*). Расходные модули соответственно будут равны 0,25 (0,5) *л*/*сек*. Расходы поровых вод аллювиальных и делювиально-пролювиальных отложений при 50-процентном использовании общих запасов в течение 50 лет составят 2(4) *м*³/*сек*, расходные модули —0,16 (0,32) *л*/*сек* с 1 *км*².

IV. ЗАЙСАНСКАЯ КОТЛОВИНА

С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, Ф. К. КАБИЕВ

Зайсанская котловина представляет собой обширную, вытянутую в северо-западном направлении межгорную впадину, окруженную с севера хребтами Нарымским и Курчумским, а с юга — Восточным Тарбагатаем, Манраком и Сауром. Длина котловины в пределах Казахстана составляет 210 *км*, ширина —75—150 *км* и площадь — около 30 000 *км*².

В центральной части котловины рельеф равнинный, с абсолютными отметками 400—500 *м*, местами переходящий в грядовые и бугристые пески Акжон, Кзылкум, Айгыркум, Таскум и др. На периферийных частях котловины простираются предгорные наклонные равнины с отметками 500—900 *м*.

Наиболее пониженную часть ее занимает озеро Зайсан площадью около 1800 *км*². С востока в озеро впадает р. Черный Иртыш с притоками Кальджир и Кендерлык и в северо-западном направлении из него вытекает Белый Иртыш. Многочисленные мелкие реки, берущие начало в окружающих котловину горах, до озера не доходят. Все они теряют воду в основном в рыхлых отложениях конусов выноса и отчасти разбираются на орошение.

Климат района резко континентальный. Среднегодовая многолетняя температура воздуха равна 3,8°. Количество атмосферных осадков в пределах центральной части котловины составляет 150—200 *мм* в год, а в горной части увеличивается до 700 *мм* в год. Мощность снегового покрова в равнинной части не превышает 0,1—0,5 *м*, а в горной —достигает 3—4 *м*.

В геологическом отношении периферийная часть котловины представлена сильно дислоцированной вулканогенно-терригенной толщей среднего палеозоя, которая в центральной части котловины Даировской скважиной вскрыта на глубине 1573 *м*. Более молодые кайнозойские отложения образуют мощный покров (1600—2000 *м*), который подразделяется на серо-зеленую толщу песчано-глинистых отложений палеогена и неогена и темно-серую песчано-галечниковую толщу верхов плиоцена—четвертичного периода.

Отложения палеогена и неогена по генезису относятся к озерно-делювиальным, реже аллювиальным образованиям. Среди отложений четвертичного периода, мощность которых достигает 150—200 *м*, различают озерные, аллювиальные, делювиально-пролювиальные, эоловые и ледниковые осадки (Василенко, 1961).

На основании различий в геоморфологическом и геологическом строении в пределах описываемого района можно выделить следующие подрайоны: предгорной наклонной и приозерной плоской равнин южной и западной частей котловины; холмистой равнины северной и северо-восточной частей; распространения грядовых и бугристых песков. Каждый из этих выделенных подрайонов отличается своеобразными гидрогеологическими условиями.

Подрайон предгорной наклонной и приозерной плоской равнин южной и западной частей котловины

Рассматриваемый подрайон занимает полосу между озером Зайсан и южными горными обрамлениями — хребтами Тарбагатай и Манрак. Он выполнен мощной толщей выдержанных по площади и водопроницаемых рыхлых четвертичных отложений, в которых формируются значительные запасы подземных вод хорошего качества.

Водовмещающие породы представлены песчано-гравийными, гравийно-галечниковыми, валунно-галечниковыми, а иногда песчаными отложениями мощностью от 2—4 до 100—140 *м*, залегающими на неогеновых красноцветных глинах.

Грунтовые воды в приозерной полосе образуют сплошной поток с уклоном в сторону озера. Только в предгорной части, в частности в конусах выноса, они местами разобщены пропластками и линзами водоупорных глин и суглинков.

Глубина залегания грунтовых вод в зависимости от местных условий рельефа колеблется от 1—5 *м* на пониженных участках до 80—100 *м* в вершинах конусов выноса.

Рис. 11. Отложения конусов выноса реки Карбоги в Зайсанской впадине.

В изменении минерализации и химического состава наблюдается определенная зональность, которая обычно устанавливается и в других районах, например, У. М. Ахмедсафиным (1947) для Киргизского Алатау, О. К. Ланге (1939) для Узбекистана, А. Г. Голубь, Г. М. Леоновым (1957) для Заилийского Алатау и т. д. Если на участах, расположенных близко к областям питания, воды обычно гидрокарбонатно-кальциевого или сульфатно-кальциевого состава с минерализацией, не превышающей 1—1,5 *г/л*, то по мере удаления от областей питания состав вод изменяется сначала на сульфатно-натриевый, потом на сульфатно-хлоридно-натриевый с сухим остатком до 2,8—6,7 *г/л*.

Формулу характерного химического состава воды по скважине, пройденной в 14 *км* северо-западнее села Серектас (0,6 *г/л*), и колодцу, расположенному в урочище Тортбастау (4,3 *г/л*), можно представить в следующем виде:

$$M_{(0,6-4,3)} \frac{C^{21,5}_{0,293}\, S^{17,5}_{0,184}\, Cl^{11}_{0,088} - S^{32,6}_{2,14}\, Cl^{12,6}_{0,6}\, C^{4,8}_{0,4}}{Ca^{19}_{0,128}\, Mg^{20}_{0,054}\, Na^{1}_{0,007} - Na^{31}_{0,974}\, Ca^{10,2}_{0,271}\, Mg^{8,8}_{0,147}}.$$

Водообильность горизонта в зависимости от литологического состава водовмещающих пород изменяется в широких пределах.

Расходы скважин, вскрывающих эти горизонты в галечниках и валунно-галечниках предгорного шлейфа, составляют от 130 до 190 *м³/сутки* (1,5—2,2 *л/сек*) при соответствующих значениях коэффициентов фильтрации, равных 2,1 и 3,48 *м/сутки* (рис. 12). В мелкозернистых песках они выражаются значениями 6 и 7 *м³/сутки* (0,07—0,08 *л/сек*) при коэффициенте фильтрации 0,74—0,76 *м/сутки*. Понижение уровня грунтовых вод при этом во всех случаях составляло 1 *м*.

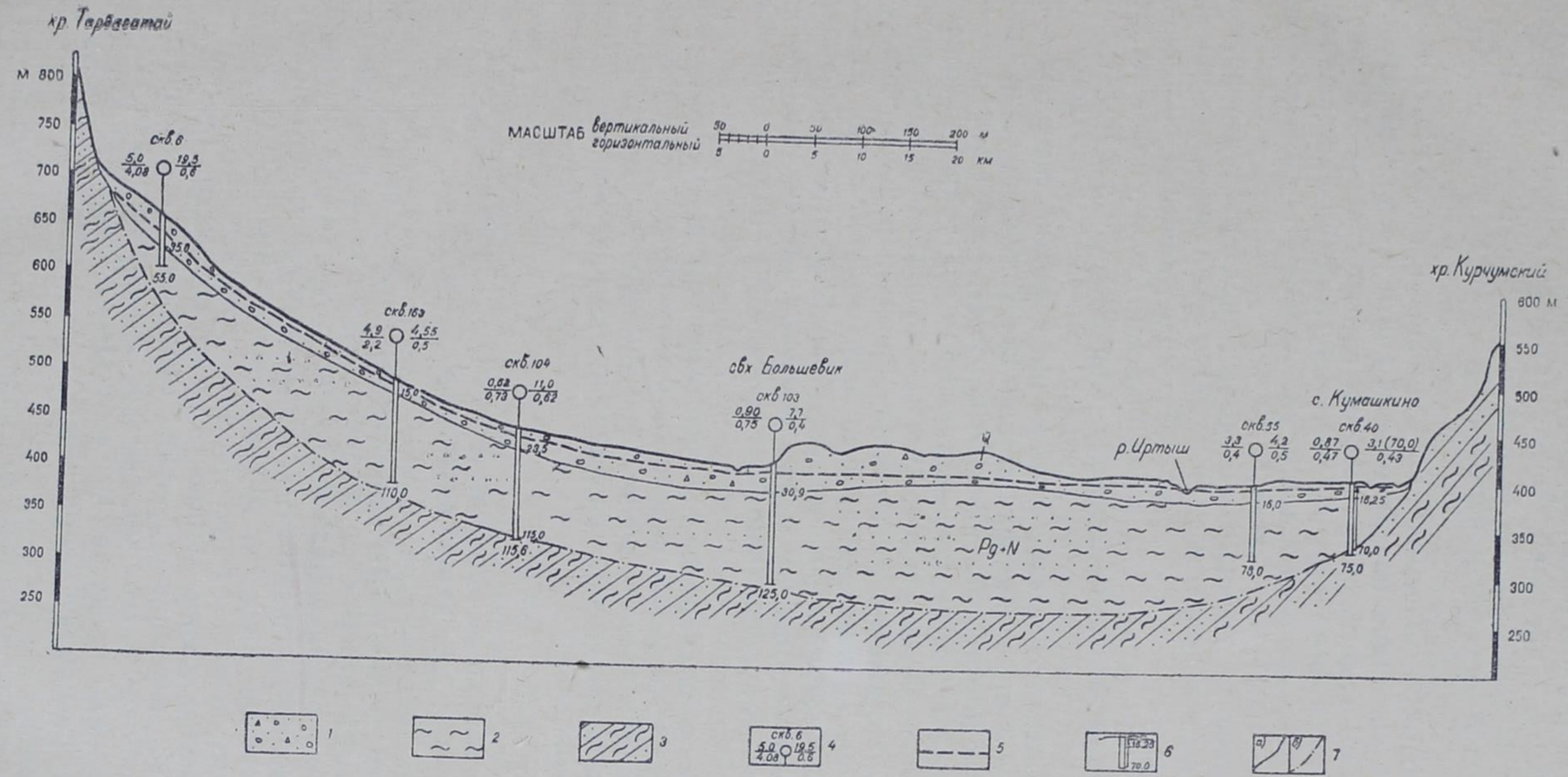


Рис. 12. Гидрогеологический разрез западной части Зайсанской впадины по линии Тарбагатай—Большевик—Кумашкино. *1*— валунно-гравийно-галечники и пески четвертичного возраста; *2*—пестроцветные гипсоносные глины палеогена и неогена; *3*—песчаники, сланцы, алевролиты девона и карбона; *4*—скважина: вверху — номер, слева в числителе — дебит (*л/сек*), в знаменателе — понижение (*м*), справа в числителе — глубина до воды, *м* (в скобках указана глубина до кровли нижнего водоносного горизонта), в знаменателе — минерализация (*г/л*); *5*—уровень грунтовых вод; *6*—обозначения у скважины: внизу — общая глубина (*м*), справа — величина напора и глубина подошвы слоя (*м*); *7*— границы литологических разностей пород; *а*) установленные, *б*) предполагаемые.

Следует отметить, что в некоторых местах описываемого района грунтовые воды выклиниваются в виде многочисленных родников. Например, в районе фермы совхоза «Акжарский» выклинивающиеся воды образуют заболоченный участок площадью порядка 200 *км*². Суммарный же расход располагающихся в пределах этого участка родников составляет 6912 *м*³/*сутки* (80 *л*/*сек*), а вблизи села Жалгызтал суммарный расход родников выражается значением порядка 2075—2160 *м*³/*сутки* (24—25 *л*/*сек*).

Пополнение запасов подземных вод равнины происходит главным образом за счет фильтрации поверхностных вод и в меньшей степени путем инфильтрации атмосферных осадков. Амплитуда годового колебания уровня грунтового потока, обусловленного пополнением запасов в одни сезоны и расходованием в другие, по данным В. А. Вострикова и Р. Н. Белобровина (1961), составляет 8—10 *м*.

Прогнозные вековые ресурсы подземных вод рассматриваемого подрайона, подсчитанные для площади 12 000 *км*², при средней мощности водоносного горизонта 15 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,2 составляют 36 млрд. *м*³, или 3 млн. *м*³ воды на 1 *км*² площади. Только половина этих запасов при непрерывном использовании в течение 100 лет будет удовлетворять объекты с потребностью в воде в 5,8 *м*³/*сек*. Если же учесть ежесекундное пополнение за счет фильтрации поверхностных вод в количестве 3,5 *м*³/*сек*, при условии фильтрации 20—25% от поверхностного стока (фактически фильтруется намного больше), то эта величина может быть равной 9,3 *м*³/*сек* (при нормальной эксплуатации 18,6 *м*³/*сек*).

Из приведенных данных видно, что запасы подземных вод, заключенные в рыхлообломочных аллювиально-пролювиальных отложениях предгорной равнины, на площадях их распространения (см. рис. 2) вполне достаточны для удовлетворения нужд различных отраслей народного хозяйства. Эксплуатацию их можно осуществлять скважинами глубиной 50—150 *м*, оборудованными центробежными или поршневыми насосами.

Чтобы получить воду хорошего качества в пределах центральной части котловины, при бурении скважины верхнюю часть водонасыщенной зоны с солоноватой водой необходимо тщательно изолировать от нижней. Для получения высоких расходов нужно применять фильтры с гравийным заполнителем.

Подрайон холмистой равнины северной и северо-восточной частей котловины

Описываемый подрайон занимает полосу между озером Зайсан и южными отрогами Алтайских гор. Равнина сложена в основном неогеновыми песчано-глинистыми породами, перекрытыми сверху маломощной (до 10—15 *м*) толщей четвертичных, главным образом суглинистых и супесчаных отложений. Рыхлые, хорошо водопроницаемые галечники и песчано-гравийные породы распространены лишь в полосе предгорья и вдоль мелких речных долин. Мощность их не превышает 15—20 *м*.

Грунтовые воды здесь циркулируют отдельными локализованными потоками по наиболее благоприятным для них зонам и участкам. Водовмещающие породы представлены мелкозернистыми песками с прослоями глины и гравийно-галечниковых отложений, ниже которых залегают глины неогена.

Глубина залегания грунтовых вод подрайона не превышает 5—6 *м*, а мощность водонасыщенной зоны изменяется от 7—8 до 10—11 *м*.

Воды в основном пресные, хорошего качества, с минерализацией

0,3—0,5 *г/л* и редко 2,2 *г/л*. По составу они относятся к гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатным, иногда сульфатно-хлоридным. Формула химического состава вод по скважинам, пробуренным на центральной усадьбе Кумашкинский МТС (0,42 *г/л*) и на пастбищах колхоза «Алтай» (2,2 *г/л*), следующая:

$$M_{(0,42-2,2)} \frac{C^{28}_{0,256}\, Cl^{12,5}_{0,065}\, S^{9,5}_{0,07} - S^{37}_{1,21}\, Cl^{8}_{0,19}\, C^{5}_{0,21}}{Ca^{34}_{0,1}\, Mg^{10,5}_{0,019}\, Na^{5,5}_{0,02} - Na^{33}_{0,51}\, Mg^{13}_{0,11}\, Ca^{4}_{0,046}}.$$

Водообильность рыхлообломочных отложений довольно значительная. В скважинах, расположенных на территории Курчумского и Большенарымского районов Восточно-Казахстанской области, при понижении уровня воды только на 0,47 и 1,2 *м* получены расходы соответственно 43 и 75 *м³/сутки*, или 0,5 и 0,87 *л/сек*.

Грунтовые воды можно эксплуатировать в основном путем заложения скважин глубиной от 20 до 25 *м*, а в местах их неглубокой циркуляции — с помощью колодцев.

Подрайон распространения грядовых и бугристых песков

Грядовые и бугристые пески занимают обособленные массивы Кзылкум, Айгыркум, Дала и другие общей площадью 2500 *км²*.

В гидрогеологическом отношении В. А. Востриковым и Р. Н. Белобровиным (1961) наиболее хорошо изучен Акжонский участок.

На основании буровых и геофизических работ установлено, что участок Акжон площадью в 1600 *км²* региональным разломом, проходящим в районе родника Кашаган-Кайнар, делится на две почти равные части: северную и южную. Северная часть, называемая Буранским блоком, сложена в основном песчано-глинистыми отложениями палеогена мощностью от 50—200 до 350—450 *м* и отчасти породами палеозойского фундамента. Четвертичные отложения, состоящие из маломощных (3—8 *м*) эоловых песков, имеют крайне ограниченное распространение. Южная часть участка представляет собой глубокий прогиб палеозойского фундамента, выполненный мощной толщей кайнозойских отложений. По данным электрозондирования, фундамент залегает здесь на глубине 600—1200 *м* (рис. 13).

В соответствии с таким резко отличным геологическим строением существенно различаются и гидрогеологические условия выделенных частей Акжонского участка.

Северная часть. Воды грунтового характера, приуроченные к мелкозернистым эоловым пескам, имеют спорадическое распространение. Глубина залегания их обычно не превышает 3—5 *м*, а мощность водоносного горизонта находится в пределах 4—6 *м*. Воды значительно минерализованы за счет замедленного водообмена и интенсивного испарения. Водообильность песков на этом участке весьма низкая. Большинство колодцев при откачке показало расходы, не превышающие 0,06 *л/сек*.

Водоносный горизонт в целом характеризуется невыдержанностью по простиранию и мощности, почти полным отсутствием многолетних запасов и пестротой химического состава.

Южная часть. Характеризуется развитием грунтовых вод, циркулирующих в мощной толще мелко- и тонкозернистых песков неогена и четвертичной системы. Глубина залегания грунтовых вод обычно колеблется от 2—3 до 6,3 *м*. Мощность водоносного горизонта изменяется от 8 до 133 *м*, а в среднем составляет 30—50 *м*. Воды в основном пресные, сульфатно-кальциевые, с минерализацией 1,2—1,3 *г/л*.

Водообильность песков значительная. Скважинами в различных местах песчаного массива получены расходы от 86 до 207 *м³/сутки* (1—2,4 *л/сек*) при понижении уровня от 6,5 до 30 *м*.

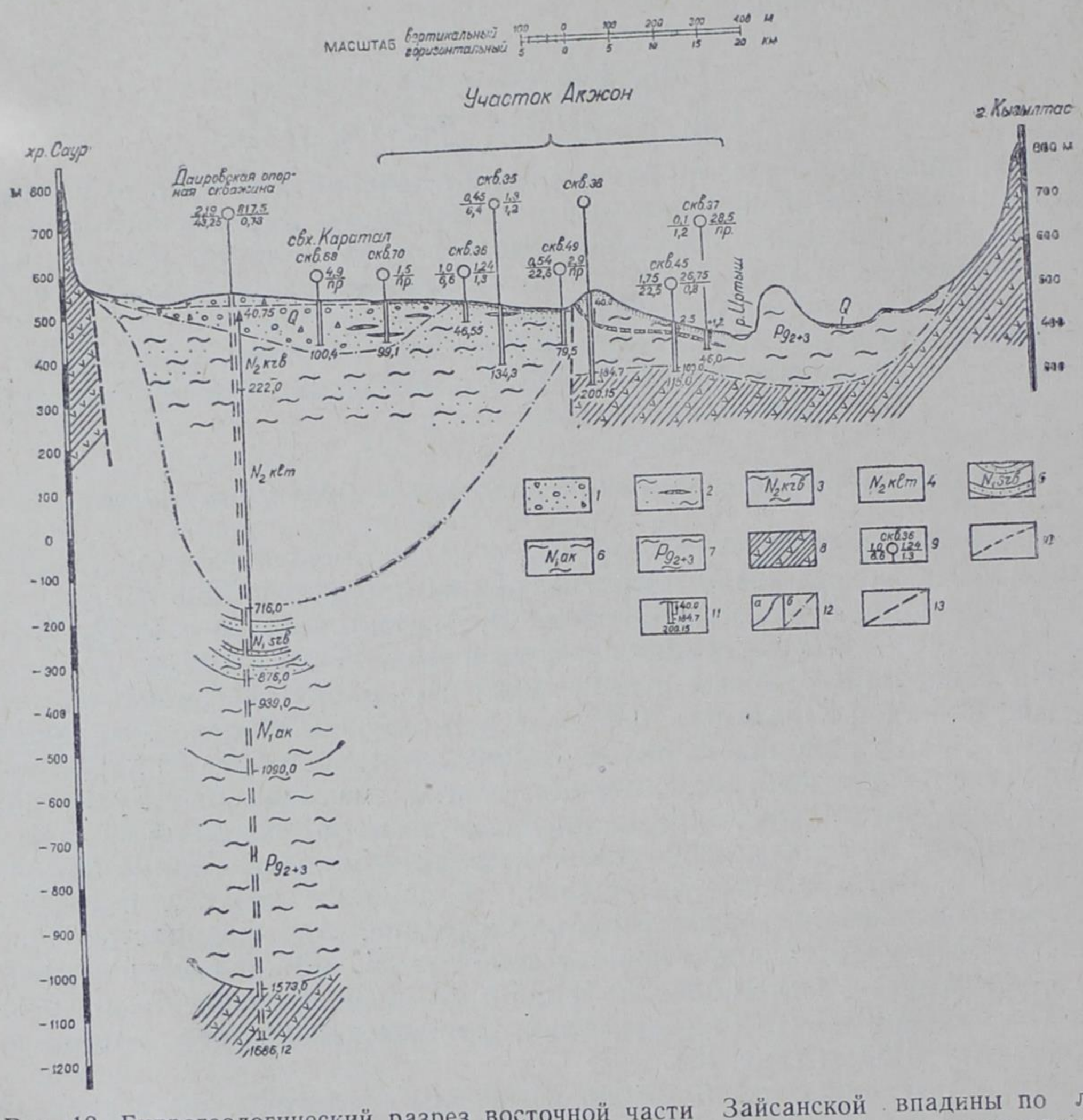


Рис. 13. Гидрогеологический разрез восточной части Зайсанской впадины по линии Саур—Акжон—Кзылтас. (Составлен по материалам Зайсанской гидрогеологической партии ВКГУ и данным опорного бурения).

1—валунно- и песчано-галечниковые отложения; *2*—песок разнозернистый, с прослоями глин; *3*—карабулакская свита: в верхней части — глины известковистые, песчанистые, переслаивающиеся с песком, внизу — галечники, алевролиты и песчаные глины; *4*—калмакпайская свита: глины известковистые, песчанистые, с прослоями алевролита, песчаника и мергеля; *5*—сарыбулакская свита: песчаники разнозернистые, пески и песчанистые глины; *6*—акжарская свита: глины песчанистые, местами алевролиты; *7*—эоцен—олигоцен: глины пестроцветные, известковистые; *8*—эффузивы, песчаники сланцы и конгломераты палеозоя; *9*—скважина: вверху — номер, слева в числителе — дебит (*л/сек*), в знаменателе — понижение (*м*), справа в числителе — глубина до воды (*м*), в знаменателе — минерализация (*г/л*); *10*—уровень грунтовых вод; *11*—обозначения у скважины: справа — величина напора и глубина подошвы слоя (*м*); *12*—границы литологических разностей пород; *а*) установленные, *б*) предполагаемые; *13*—линия тектонического нарушения.

Прогнозные вековые ресурсы вод, заключенных в песках рассматриваемой части Акжонского участка на площади 800 *км²*, при средней мощности водовмещающей толщи 40 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,1 составляют 3,2 млрд. *м³*, или 4 млн. *м³* воды с каждого квадратного километра площади.

При непрерывном использовании только половины этих запасов в течение 50 лет ежесекундно грунтовые воды будут расходоваться в количестве 1 *м³/сек*. Если же использовать 80% вековых запасов в течение 50 лет, то ежесекундный расход грунтовых вод выразится цифрой 1,7 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации 3,4 *м³/сек*). Если допустить, что на инфильтрацию затрачивается около 15% осадков зимнего времени, то ежесекундно возобновляемые запасы вод песков будут составлять величину порядка 0,8 *м³/сек*. Общее количество вековых и возобновляемых запасов, которые можно извлечь рассредоточенными на площади песков водопунктами, может варьировать от 1,8 (3,6) до 2,5 (5,0) *м³/сек*. Расходные модули будут соответственно изменяться от 2,3 (4,6) до 3,1 (6,2) *л/сек* с 1 *км²*.

Таким образом, пески южной части Акжонского участка (песчаный массив Айгыркум), являясь прекрасными пастбищными угодьями, обладают и значительными ресурсами пресных подземных вод, вполне достаточных для обводнения и оазисного орошения.

Грунтовые воды следует эксплуатировать путем проходки скважин глубиной от 20 до 70 *м*.

Артезианские воды

Основные вопросы, касающиеся артезианских вод Зайсанской котловины, освещены в работе У. М. Ахмедсафина «Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (1961).

Однако в последние годы были проведены большие разведочные работы на воду, данные которых в какой-то степени дополняют и конкретизируют параметры напорных вод рассматриваемого района. В связи с этим приводимая ниже характеристика напорных вод района дается на основании использования новых данных, полученных за последние 1,5—2 года.

Как было отмечено выше, палеоген-неогеновые отложения Зайсанской котловины до глубины 65—80 *м* представлены в основном практически водонепроницаемыми песчано-глинистыми и глинистыми отложениями, поэтому на гидрогеологической карте они показаны как безводные комплексы. Вместе с тем, среди толщ глин палеогена и неогена скважинами на больших глубинах (150—237 *м*) вскрыт ряд напорных водоносных горизонтов, из которых наиболее выдержанными на разведанной площади являются:

1) водоносный горизонт сарыбулакских слоев калмакпайской свиты (возраст ее, по В. К. Василенко, миоцен—плиоцен);

2) водоносный горизонт песков северо-зайсанской свиты (по К. В. Курдюкову и М. М. Смеловской, возраст верхний мел — палеоцен).

Напорный водоносный горизонт сарыбулакских слоев калмакпайской свиты вскрыт только в южной половине котловины. Разведочно-эксплуатационные скважины, пробуренные севернее и северо-восточнее оз. Зайсан до глубины от 150 до 154 *м*, до водоносного горизонта не дошли.

Южнее озера, согласно данным по значительному количеству глубоких скважин, водовмещающие породы представлены разнозернистыми полимиктовыми песками с прослоями алевролитов, которые залегают между толщами красно-бурых глин неогена.

Глубина залегания горизонта в разных местах впадины различная. Например, в районе урочища Аксеир он вскрыт на глубинах 147,8 и 237,45 *м*; к юго-западу от с. Акжар — на глубинах 65,25 и 88 *м*; в районе песков Акжон, около озера Сармакан, — на глубине 0,5 *м*, а Даировская скважина вскрыла его на глубине 718 *м*. При этом мощность водонос-

ного горизонта изменяется от 6,5—7,5 до 100—102 *м*. Воды горизонта везде хорошего качества, сульфатно-натриевого типа, с минерализацией 0,6—1,5, иногда 1,9 *г/л*.

Формула характерного химического состава воды по скважине, пройденной в урочище Булансу-Булак (1,28 *г/л*), следующая:

$$M_{1,28}\,\frac{S^{30,4}_{0,609}\;C^{10,0}_{0,256}\;Cl^{9,6}_{0,142}}{Na^{2[illegible],5}_{0,197}\;Ca^{17,1}_{0,143}\;Mg^{12,4}_{0,063}}.$$

Расходы отдельных скважин при самоизливе составляют до 259 *м³/сутки* (0,05—3 *л/сек*). Пьезометрический напор над поверхностью земли достигает 16 *м* (урочище Аксеир).

Водоносный горизонт сарыбулакских слоев, отличающийся выдержанностью по простиранию, по-видимому, обладает значительными запасами вод. Это позволяет рекомендовать его как дополнительный источник водоснабжения в Зайсанской котловине.

Напорные воды можно эксплуатировать путем проходки скважин глубиной 200—250 *м*.

Напорный водоносный горизонт песков северо-зайсанской свиты вскрыт скважинами на значительной площади описываемого района. Водовмещающими породами являются средне- и крупнозернистые пески, залегающие среди плотных пестроцветных глин. Глубина залегания горизонта на периферийной части котловины составляет 400—500 *м*, а в районе с. Даирово (центральная часть) достигает 1000—1500 *м*. Мощность его варьирует в пределах от 7—12 до 15—30 *м*.

Минерализация напорных вод закономерно уменьшается от периферии к центру впадины соответственно от 1,09 до 7,8 *г/л*, по типу они изменяются от гидрокарбонатно-кальциево-натриевых до сульфатно-натриевых и хлоридно-натриевых.

Дебиты отдельных скважин при самоизливе составляют 26—79 и редко 518—864 *м³/сутки* (0,3—0,92; 6—10 *л/сек*). Как видно из изложенного, воды в песках северо-зайсанской свиты, за исключением площадей купольных структур (Эспинская, Двуречная и др.), ввиду их значительной минерализованности и большой глубины залегания в отношении практического использования особого интереса не представляют. Однако если появится большая потребность в воде и будут иметься опреснители, со временем они также могут найти применение в народном хозяйстве.

* * *

Все учтенные прогнозные эксплуатационные запасы грунтовых вод в Зайсанской котловине на площади 12 800 *км²* при условии длительного использования составят 11,1 *м³/сек* (при нормальном извлечении по определенным сезонам и часам в сутки расход их может увеличиться до 22,2 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 0,9 (1,8) *л/сек* с 1 *км²*. При 80-процентном использовании эксплуатационные запасы соответственно возрастут до 15,3 (30,6) *м³/сек*, а расходные модули — до 1,2 (2,4) *л/сек* с 1 *км²*.

V. АЛАКУЛЬСКАЯ ВПАДИНА

Т. Т. ИСАБАЕВ, С. М. МУХАМЕДЖАНОВ

Район Алакульской впадины, обрамленный на севере хребтом Тарбагатай, на востоке Барлыкскими горами и на юге хребтами Джунгарского Алатау, занимает обширную территорию около 30 000 *км*². В наиболее пониженных частях этой огромной котловины расположены озера Алакуль, Сасыккуль и Кочкаркуль (Уялы).

Рельеф впадины равнинный, слабовсхолмленный. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 350 до 600 *м*, относительные — от 5—до 10 *м*, иногда достигают 50 *м*. Значительные площади впадины заняты грядовыми и бугристыми песчаными массивами — Бийкум, Бармаккум, Каракум, Сарыкум и др. В центральной части равнины резко выделяются горы Карпебай, Джайтобе, Балатобе и другие, возвышающиеся над окружающими равнинами на 100—150 и 300 *м*. Общий уклон равнины — в сторону Алакульских озер.

Климат района резко континентальный. Среднегодовое количество атмосферных осадков варьирует от 150—200 *мм* (село Коктума) до 402 *мм* (село Урджар). Основное количество осадков выпадает главным образом в зимнее и весеннее время.

Наиболее крупными водным артериями района являются реки Урджар, Хатынсу, Эмель, стекающие с южных склонов хребта Тарбагатай, и Ргайты, Тентек, берущие начало в Джунгарском Алатау. В предгорьях Тарбагатая, Барлыкских гор и Джунгарского Алатау имеются многочисленные небольшие реки и речки, которые при выходе из гор быстро теряют свои воды в рыхлообломочных отложениях конусов выноса.

В геологическом отношении Алакульская впадина представляет собой межгорную впадину, выполненную мощными толщами рыхлообломочных отложений. Последние представлены пестроцветными глинами, суглинками, песками, галечниками озерно-аллювиального генезиса. Мощность рыхлообломочных отложений, по данным Ю. А. Фокшанского и К. И. Волковой, колеблется от нескольких десятков метров на севере и северо-востоке до 1000 и более метров в центральной и южной частях впадины.

В зависимости от геологического строения и морфологии местности в пределах рассматриваемой территории выделяются три подрайона: бугристо-грядовых песчаных равнин, плоских озерно-аллювиальных равнин и предгорных наклонных равнин. Каждый из выделенных подрайонов отличается своеобразными гидрогеологическими условиями и условиями формирования подземных вод, обусловленными различными природно-геологическими особенностями.

Подрайон бугристо-грядовых песчаных равнин

Бугристо-грядовые песчаные равнины занимают в основном массивы Каракум и Сарыкум, расположенные южнее и юго-западнее озера Сасыккуль, а также массивы Бармаккум, Бийкум и другие, занимающие участки к северу и северо-востоку от озера Алакуль. Эти массивы образуют обособленные участки, возвышающиеся над окружающей территорией четко выраженным уступом высотою в 5—10, а местами 20—25 *м*. Они сложены главным образом эоловыми и эолово-аллювиальными песками, в которых повсеместно залегают грунтовые воды.

Водовмещающими породами являются неоднородные тонко-, мелко- и среднезернистые желтовато-серые полевошпатовые пески, иногда со-

держащие пылеватые суглинки с маломощными прослоями сцементированных песков.

Грунтовые воды в пределах песчаных массивов образуют единый водоносный горизонт со свободной поверхностью и незначительным уклоном в сторону местных дрен. Основное движение вод направлено к озерным чашам и соответствует общему региональному уклону поверхности равнины. Вскрываемые уровни вод зачастую повторяют форму рельефа песчаных массивов.

На большей части рассматриваемой территории грунтовые воды залегают на глубинах от 2 до 10 *м*. Причем наибольшие глубины (10—15, редко 20 *м*) соответствуют положительным формам рельефа. Вскрытая мощность водоносного горизонта варьирует от 20 до 150 *м* и более. Вскрытая средняя мощность водоносного горизонта изменяется от 45 до 70 *м*. Подошвой горизонта служат пестроцветные глины неогена.

Производительность грунтовых вод изменяется в широких пределах и зависит от литологического состава водовмещающих пород. Расходы скважин и колодцев, пройденных в среднезернистых песках, составляют 86—173 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*). Дебиты водопунктов, расположенных в тонко- и мелкозернистых песках, — сотые и десятые доли литра в секунду. Коэффициенты фильтрации колеблются от 0,7—5 до 15 *м/сутки*.

По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевым и сульфатно-кальциевым, с общей минерализацией от 0,3 до 3 *г/л*.

Формула характерного химического состава вод по колодцам, расположенным в центральной части песчаного массива Бийкум (минерализация 0,36 *г/л*) и в урочище Чигиркудук (минерализация 1,99 *г/л*), следующая:

$$M_{(0,36-1,99)} \frac{C^{34,7}_{0,268}\, S^{12,1}_{0,073}\, Cl^{3,2}_{0,014} - S^{21,2}_{0,62}\, C^{15,4}_{0,57}\, Cl^{13,4}_{0,29}}{Ca^{29,8}_{0,075}\, Na^{13,2}_{0,038}\, Mg^{7}_{0,01} - Ca^{23,6}_{0,20}\, Na^{18,2}_{0,25}\, Mg^{8,2}_{0,06}}.$$

В основном водоносный горизонт пополняется за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на площадях распространения песков, а частично — путем подтока с соседних вышележащих участков и отчасти по региональным разломам глубокого заложения с нижележащих напорных горизонтов.

Песчаные массивы Алакульской впадины обладают большими запасами грунтовой воды. При средней мощности горизонта, равной 35 *м*,

Рис. 14. Скважина, вскрывающая напорные воды конуса выноса у села Джарбулак. Расход самоизлива 50 *л/сек*.

коэффициенте водоотдачи 0,12 и общей площади песков 6372 *км*^{2} запасы пресной воды составляют более 26 млрд. *м*^{3}, или 4 млн. *м*^{3} на 1 *км*^{2}. При непрерывном использовании только половины вековых запасов в течение 100 лет ежесекундный расход грунтовых вод выразится цифрой 4 *м*^{3}/*сек* (при нормальном использовании — 8 *м*^{3}/*сек*). Возобновляемые запасы грунтовых вод песков составляют 9 *м*^{3}/*сек*. Следовательно, общие эксплуатационные запасы грунтовых вод по песчаным массивам Алакульской впадины будут равны 13 (26) *м*^{3}/*сек*. Расходные модули составят 2(4) *л*/*сек* с 1 *км*^{2}.

Огромные ресурсы грунтовых вод могут широко использоваться для обводнения и оазисного орошения. В местах близкого залегания грунтовые воды песков могут использоваться для водопоя скота, а также бытовых нужд; они должны эксплуатироваться шахтными и трубчатыми колодцами, закладываемыми на глубину от 3—5 до 10—15 *м* (рис. 14). Для оазисного орошения с целью получения высоких дебитов должны сооружаться преимущественно трубчатые колодцы (скважины), опускаемые в водоносные горизонты на глубину не менее чем 20—30 *м*.

Подрайон плоских озерно-аллювиальных равнин

Плоская озерно-аллювиальная равнина имеет широкое площадное распространение и окаймляет озера Сасыккуль и Алакуль как с севера, так и с юга. Общая площадь их составляет 9920 *км*^{2}. Равнина сложена песками, суглинками, глинами с прослоями и линзами гравия и гальки.

Водовмещающими породами являются пески средне- и мелкозернистые с прослоями небольшой мощности гравия и гальки. В направлении водораздельных пространств речных долин и озерных котловин пески переходят в тонкозернистые разности или в супеси с единичными включениями гравия.

Кровлей водоносного горизонта служат желтовато-серые лёссовидные суглинки, мощностью от 0,5 до 3,5 *м*, а подошвой — глины и глинистые суглинки. Мощность горизонта, по данным буровых работ, изменяется в пределах от 5 до 10 *м* (рис. 15).

Грунтовые воды в озерно-аллювиальных отложениях образуют единый водоносный горизонт со свободной поверхностью, уклоном 0,002 на юг и юго-запад, т. е. в сторону озерных впадин.

Глубина залегания грунтовых вод в зависимости от рельефа местности варьирует от 1,5 до 11 *м*, чаще же всего составляет 5 *м*. Наименьшая глубина характерна для речных долин и прибрежной части озерных впадин.

Производительность водоносного горизонта в зависимости от литологии водосодержащих пород колеблется от 7—43 до 86—130 *м*^{3}/*сутки* (0,08—1,5 *л*/*сек*) при понижении на 3—7 *м*.

На большей части обследованной территории распространены слабосолоноватые и соленые воды с плотным остатком от 2—4 до 10—15 *г*/*л* (см. рис. 2). По составу воды относятся к сульфатно-хлоридно-натриевым.

Формула характерного химического состава воды по скважинам, расположенным на северо-восточном побережье озера Сасыккуль, следующая:

$$M_{(3,05-12,8)}\ \frac{Cl^{43}_{17,98}\,S^{6}_{3,15}\,C^{1}_{0,48} - Cl^{33}_{4,95}\,S^{15}_{3,07}\,C^{2}_{0,56}}{Na^{25}_{6,79}\,Mg^{22}_{3,07}\,Ca^{3}_{0,65} - Na^{33,5}_{3,26}\,Mg^{13}_{0,67}\,Ca^{3,5}_{0,31}}.$$

По речным долинам развиты гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые воды с плотным остатком до 0,6—1 *г*/*л*.

Формула химического состава воды по колодцу, пройденному в долине р. Хатынсу, у села Коктал, следующая:

$$M_{0,54}\ \frac{C^{21,2}_{0,25}\ S^{16,4}_{0,153}\ Cl^{12,4}_{0,085}}{Ca^{27,1}_{0,105}\ Mg^{13,8}_{0,032}\ Na^{9,1}_{0,040}}\ .$$

При этом следует отметить, что на западе и северо-западе от озера Сасыккуль в водоносном горизонте содержится значительное количество микрокомпонентов: бора (10—12 *мг/л*), брома (4 *мг/л*), фтора (3—4 *мг/л*), йода (до 1 *мг/л*). В общем для водоносного горизонта характерна пестрая картина минерализации, повышенное содержание микрокомпонентов, вследствие чего воды его нельзя использовать сельскохозяйственными и другими объектами. Однако грунтовые воды, распространенные в речных долинах, могут быть рекомендованы для питьевых и бытовых нужд.

Учитывая различную степень минерализации грунтовых вод озерно-аллювиальных отложений, а также значительное содержание вредных для здоровья людей и животных микрокомпонентов, подсчет вековых запасов не производился.

Подрайон предгорных наклонных равнин

Аллювиально-пролювиальные наклонные равнины занимают районы развития конусов выноса, которые, сливаясь между собой, образуют сплошную полосу предгорных шлейфов, окаймляющих Тарбагатай, Джунгарский Алатау и Барлыкские горы. Представлены они толщей галечников и гравийно-песчаных пород.

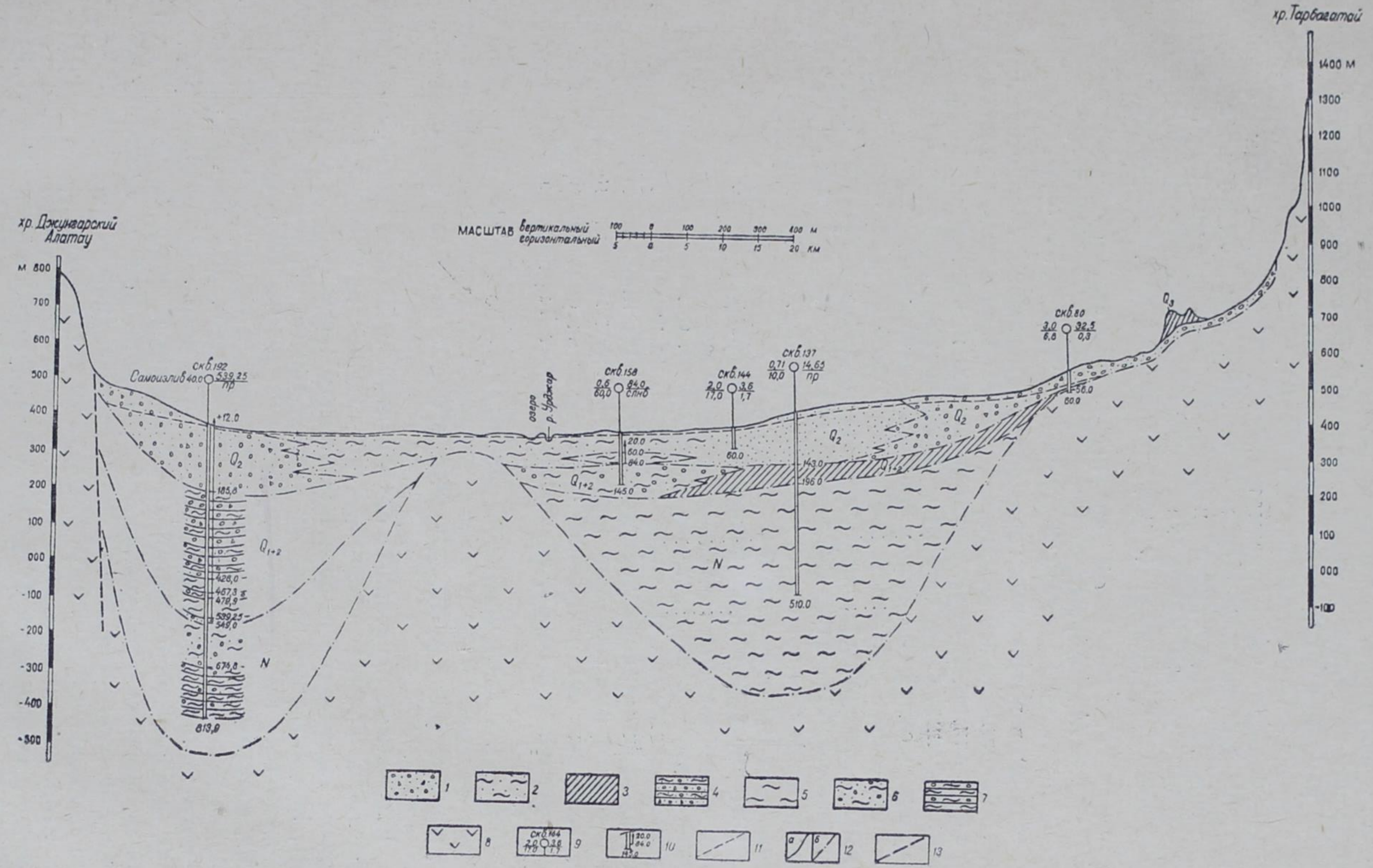
Подземные воды в пределах наклонных равнин залегают в виде сплошного грунтового потока, со свободной поверхностью и значительным уклоном. По мере движения в глубь равнины водоносные толщи разветвляются на ряд горизонтов и пропластков, разделенных мелкозернистыми слабопроницаемыми породами. При этом нижние водоносные горизонты приобретают пьезометрический напор, обусловленный как подпором водоупорных пород, так и разницей высот областей питания и распространения подземных вод.

Суммарная мощность водоносных горизонтов по южному склону Тарбагатая изменяется от 30 до 50 *м*. Максимальная мощность их наблюдается в предгорных равнинах восточного склона Джунгарского Алатау, где они исчисляются сотнями метров. При этом следует отметить, что валунно-галечниковые отложения по южному склону Тарбагатая почти повсеместно подстилаются кристаллическими породами палеозоя,

---

Рис. 15. Геолого-гидрогеологический разрез центральной части Алакульской впадины по линии Джунгарский Алатау — Урджар — Тарбагатай.

1—валунно-галечниковые отложения с песчаным и суглинистым заполнителем; *2*—пески мелкозернистые, глинистые; *3*—суглинки лёссовидные; *4*—переслаивание глин, содержащих валуны, гальки и щебень с валунно-галечниковыми отложениями; *5*—глины пестроцветные, гипсоносные; *6*—глины бурые, песчанистые; *7*—переслаивающиеся гравийно-галечниковые и галечниково-щебенистые отложения с глинами; *8* — песчаники, сланцы, порфириты и граниты; *9*—скважина: вверху — номер, слева в числителе — дебит (*л/сек*), в знаменателе — понижение (*м*), справа в числителе — глубина до воды (*м*), в знаменателе — минерализация (*г/л*); *10*—обозначения у скважины: внизу — общая глубина (*м*), справа — величина напора и глубина подошвы слоя (*м*); *11*—уровень грунтовых вод, *12*—границы литологических разностей пород; *а*) установленные, *б*) предполагаемые; *13*— линия тектонического нарушения.


хр. Джунгарский Алатау
хр. Тарбагатай
МАСШТАБ вертикальный горизонтальный
м
км
Самоизлив 40,0
скв.192
539,25
пр
+12,0
185,8
426,0
467,3
476,9
539,25
549,0
676,8
813,9
озеро
р. Ужджер
скв.158
0,6
60,0
84,0
слив
20,0
60,0
84,0
145,0
скв.144
2,0
17,0
3,6
1,7
60,0
скв.137
0,71
10,0
14,65
пр
143,0
196,0
510,0
скв.80
3,0
6,6
32,5
0,3
56,0
60,0
Q_{1+2}
Q_2
Q_3
N

в то время как у Джунгарского Алатау и Барлыкских гор — глинами неогена.

Глубина залегания подземных вод варьирует в широких пределах. Наибольшая глубина залегания характерна для верхних частей конусов выноса и составляет более 25 *м*. По мере удаления от конусов выноса происходит постепенное уменьшение ее и на границе с озерно-аллювиальной равниной воды выклиниваются в виде многочисленных источников, образуя заболоченные участки (сазы).

На большей части рассматриваемой территории воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевым с плотным остатком до 0,5 *г/л*.

Формула характерного химического состава воды по скважинам, пройденным у села Карамайлы (минерализация 0,2 *г/л*) и Маканчинского госплодопитомника (минерализация 0,4 *г/л*), следующая:

$$M_{(0,2-0,23)}\frac{C^{42}_{0,202}\,S^{5,6}_{0,021}\,Cl^{2,4}_{0,007}-C^{38,5}_{0,207}\,S^{9}_{0,038}\,Cl^{2,5}_{0,007}}{Ca^{31,4}_{0,051}\,Mg^{10}_{0,009}\,Na^{8,6}_{0,014}-Ca^{33}_{0,058}\,Mg^{9}_{0,009}\,Na^{8}_{0,016}}.$$

Однако в водоносных горизонтах, залегающих сравнительно неглубоко, минерализация подземных вод увеличивается до 1, местами 1,5—2 *г/л* под влиянием выщелачивания солей и, возможно, континентального засоления. С увеличением минерализации гидрокарбонатные воды переходят в сульфатно-гидрокарбонатно-натриевые.

Водоносные горизонты предгорных бассейнов характеризуются высокой производительностью. Расходы родников и скважин чаще всего варьируют от 173—216—432 до 4320—51 840 *м³/сутки* (2,5; 50—60 *л/сек*). Коэффициенты фильтрации, подсчитанные по данным опытных откачек, составляют 180—235 *м/сутки*.

Питание водочосного горизонта осуществляется в основном за счет инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков в вершинных частях конусов выноса, где на поверхности обнажаются валунно-галечниковые отложения. На таких участках, по данным У. М. Ахмедсафина (1961), на фильтрацию теряется до 30—50% поверхностных вод, стекающих с горных массивов. Кроме того, пополнение запасов подземных вод галечниковых отложений происходит за счет подтока трещинных вод палеозойских пород, слагающих хребет Тарбагатай и Джунгарский Алатау.

Разгрузка подземных вод наблюдается по периферии конусов выноса и по долинам логов, саев и оврагов, где за счет выклинивающихся вод нередко формируются ручьи и речки с расходом до 8640 *м³/сутки* (100 *л/сек*).

В пределах предгорных равнин конусов выноса заключены огромные запасы пресных подземных вод. Общие прогнозные ресурсы подземных вод конусов выноса Алакульской впадины (с учетом напорных вод), подсчитанные по самым заниженным параметрам (при общей площади 7913 *км²*, средней мощности 70 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,18), составляют 92 млрд. *м³*. При этом в пределах конусов выноса Джунгарского Алатау заключены 48 млрд. *м³*, Барлыкских гор — 14 млрд. *м³* и Тарбагатайских гор — 30 млрд. *м³* пресных вод. На каждый квадратный километр их приходится около 12 млн. *м³*. При непрерывной сработке только половины этих запасов в течение 100 лет можно было бы получить до 15 *м³/сек* воды (при нормальном использовании их расход может быть увеличен до 30 *м³/сек*).

Если, исходя из данных У. М. Ахмедсафина (1961), допустить возможность поступления на фильтрацию поверхностных вод в размере 30%, то возобновляемые запасы будут равны в предгорных равнинах Тарбагатая 7,5 *м³/сек*, Барлыкских гор — 2 *м³/сек*, Джунгарского

Алатау — 6 *м³/сек*, т. е. всего 15,5 *м³/сек*. Поскольку только на небольшом отрезке (от села Ушарал до колхоза Коммунистический) по южному побережью озера Алакуль выклинивается до 7,5 *м³/сек* подземных вод, приведенную выше величину нельзя считать завышенной.

Общие эксплуатационные ресурсы подземных вод конусов выноса, таким образом, составят 30,5 *м³/сек* (при нормальном использовании они могут выразиться цифрой 61 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 4 (8) *л/сек* с 1 *км²*.

Широкое площадное распространение подземных вод, связанных с отложениями конусов выноса, неглубокое их залегание, хорошие питьевые качества, высокая производительность водопунктов позволяют рекомендовать их для водоснабжения крупных промышленных и сельскохозяйственных объектов и особенно для оазисного орошения. Скважины глубиной 50—70 *м* необходимо располагать поперек потока на расстоянии 400—500 *м* друг от друга, т. е. с учетом радиуса влияния.

Артезианские воды

Артезианские воды района охарактеризованы в работе «Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (Ахмедсафин, 1961). Поэтому здесь приводятся только краткие сведения по бассейну.

Ориентировочная величина вековых запасов напорных вод в количестве около 18 млрд. *м³* учтена при подсчете ресурсов подземных вод конусов выноса.

Напорные воды Алакульской впадины связаны с нижнечетвертичными аллювиально-пролювиальными галечниками, гравийно-песчаными отложениями и в преобладающем большинстве случаев залегают на глубинах 100—150 *м*. Суммарная мощность водоносных горизонтов изменяется от 5—10 до 15—20 *м*. Причем наибольшие мощности наблюдаются по южному побережью озера Алакуль (рис. 16). Минерализация вод не превышает 0,5 *г/л*, а по составу они относятся к гидрокарбонатно-кальциевым.

Формула характерного химического состава воды по скважине, расположенной у села Бахты, следующая:

$$M_{0,31}\,\frac{C_{0,291}^{40,5}\;\;Cl_{0,014}^{5}\;S_{0,016}^{4,5}}{Ca_{0,044}^{27}\;Mg_{0,014}^{15}\;Na_{0,018}^{8}}\,.$$

Производительность водоносных горизонтов составляет от 130—173 *м³/сутки* (1,5—2 *л/сек*) на западе и северо-западе района, где воды дают самоизлив, до 4320 *м³/сутки* (50 *л/сек*) на востоке района у села Джарбулак. Коэффициенты фильтрации чаще всего варьируют от 10 до 30 *м/сутки*.

Артезианские воды Алакульской впадины, обладая хорошим качеством, высокой производительностью водопунктов и достаточными ресурсами, с успехом могут быть использованы для обводнения пастбищных территорий и орошения полей. Эксплуатация вод возможна путем проходки трубчатых колодцев глубиной 150—200 *м*. На таких глубинах скважины вскроют водоносные горизонты, обладающие наибольшим напором и хорошими питьевыми качествами. Производительность скважин при условии самоизлива составит от 130—173 *м³/сутки* до 2592—4320 *м³/сутки* (1,5—2; 30—50 *л/сек*).

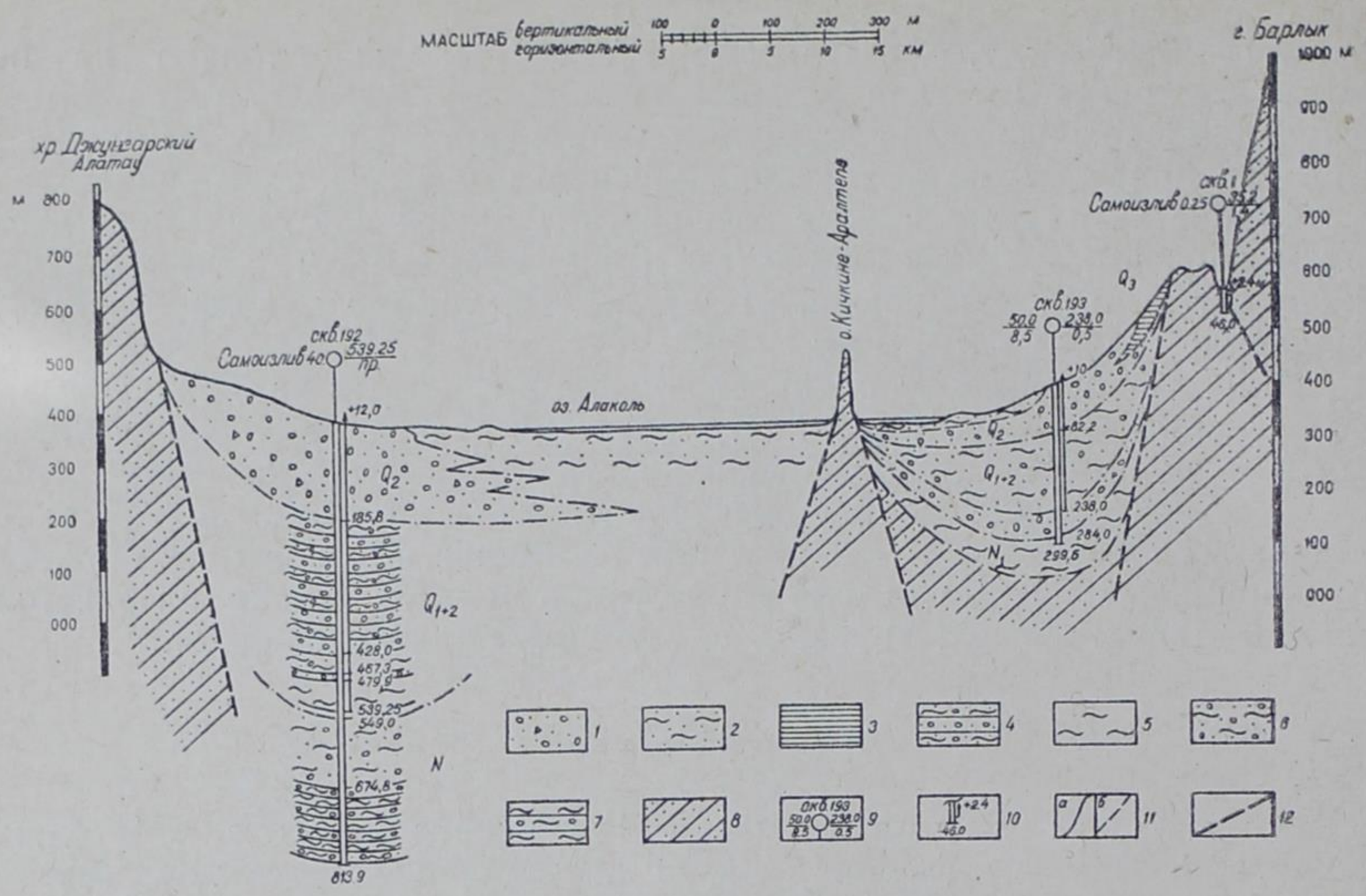


Рис. 16. Геолого-гидрогеологический разрез южной части Алакульской впадины по линии Джунгарский Алатау — Алакуль — Барлык.

1—валунно-галечниковые отложения с песчаным и суглинистым заполнителем; *2*—пески мелко- и тонкозернистые, глинистые; *3*—суглинки лёссовидные; *4*—переслаивающиеся глины, содержащие валуны, гальки и щебень с валунно-галечниковыми отложениями; *5*—глины пестроцветные, гипсоносные; *6*—глины бурые, песчанистые; *7*—переслаивающиеся гравийно-галечниковые и галечно-щебенистые отложения с глинами; *8*—песчаники, сланцы, порфириты; *9*—скважина. вверху — номер, слева в числителе — дебит *(л/сек)*, в знаменателе — понижение *(м)*, справа в числителе — глубина до воды *(м)*, в знаменателе — минерализация *(г/л)*; *10*—обозначения у скважины: внизу — общая глубина *(м)*, справа — величина напора и глубина подошвы слоя *(м)*; *11*—границы литологических разностей пород: *а)* установленные, *б)* предполагаемые; *12*—линия тектонического нарушения.

* * *

Все учтенные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод Алакульского гидрогеологического района составляют 43,5 *м³/сек* (при 100-летнем непрерывном использовании). При нормальном извлечении по определенным сезонам и часам в сутки расход можно увеличить до 87 *м³/сек*. Расходные модули соответственно будут равны 3 (6) *л/сек* с 1 *км²* (площадь 14 285 *км²*).

VI. НИЗКОГОРНЫЕ И ВОЗВЫШЕННЫЕ МЕЛКОСОПОЧНЫЕ РАЙОНЫ БАЛХАШ-ИРТЫШСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА

С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, М. Х. ДЖАБАСОВ, С. М. ШАПИРО, С. Ж. ЖАПАРХАНОВ

Данный гидрогеологический район занимает водораздельную территорию между озером Балхаш на юге и рекой Иртышом на севере, простираясь от Чингизских гор на востоке до 71° меридиана на западе.

Вся эта территория характеризуется сильно расчлененным рельефом низкогорья и возвышенного мелкосопочника с абсолютными отметками поверхности, варьирующими в пределах 800—1500 *м*, и относительными превышениями 250—400 *м*.

Климат района резко континентальный, свойственный холодным полупустыням. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 200—250 *мм*, из которых в зимне-осенний период принимают участие в питании грунтовых вод 20—15%. В пределах района находятся верховья рек бассейна озера Балхаш — реки Джамши, Токрау — и бассейна озера Карасор — реки Шерубай-Нура, Нура, Джарлы, Талды. Для всех этих рек свойственны короткие бурные весенние паводки, проносящие до 95% годового стока за 20—30 дней, и продолжительная маловодная межень. Большая часть паводкового расхода указанных рек фильтруется в аллювиальные отложения. Расчлененный рельеф и резкая континентальность климата способствуют интенсивному разрушению скальных палеозойских пород, слагающих возвышенные участки водораздела, что обусловливает высокую их трещиноватость.

Интенсивная трещиноватость пород, в свою очередь, способствует хорошей инфильтрации атмосферных осадков и формированию подземных вод в верхней трещиноватой зоне. В песчано-гравийных отложениях долин и предгорных шлейфов за счет паводковых вод и атмосферных осадков формируются грунтовые потоки. В целом данный гидрогеологический район является основной областью питания подземных вод Центрально-Казахстанского нагорья и отличается низкой минерализацией подземных вод и сравнительно высокими дебитами. По условиям формирования и характеру залегания в пределах района выделяются три природно-гидрогеологических зоны: зона водораздела, возвышенного мелкосопочника северного и южного склонов водораздела и зона Ерементауских гор.

Водораздельная зона

Эта зона охватывает горы Кзылрай с абсолютными отметками 1590 *м*, Каркаралы — 1300 *м*, Когазы — 1100 *м* и другие, сложена

исключительно изверженными породами, где мощные покровы эффузивно-осадочных пород прорываются крупными массивами гранитоидов. Основное развитие здесь получили трещинные воды, приуроченные как к верхней трещиноватой зоне, так и к крупным тектоническим нарушениям. Глубина распространения активных трещин достигает 40—60 *м*, а в зонах тектонических нарушений они прослеживаются до глубины 100 и более метров (рис. 17). Средняя мощность обводненной зоны, согласно полевым определениям С. М. Шапиро (1958), принимается равной 30 *м*. Коэффициент трещиноватости изверженных пород составляет 5—6%, а коэффициент водоотдачи — от 0,01 для эффузивных пород до 0,02 для гранитоидов.

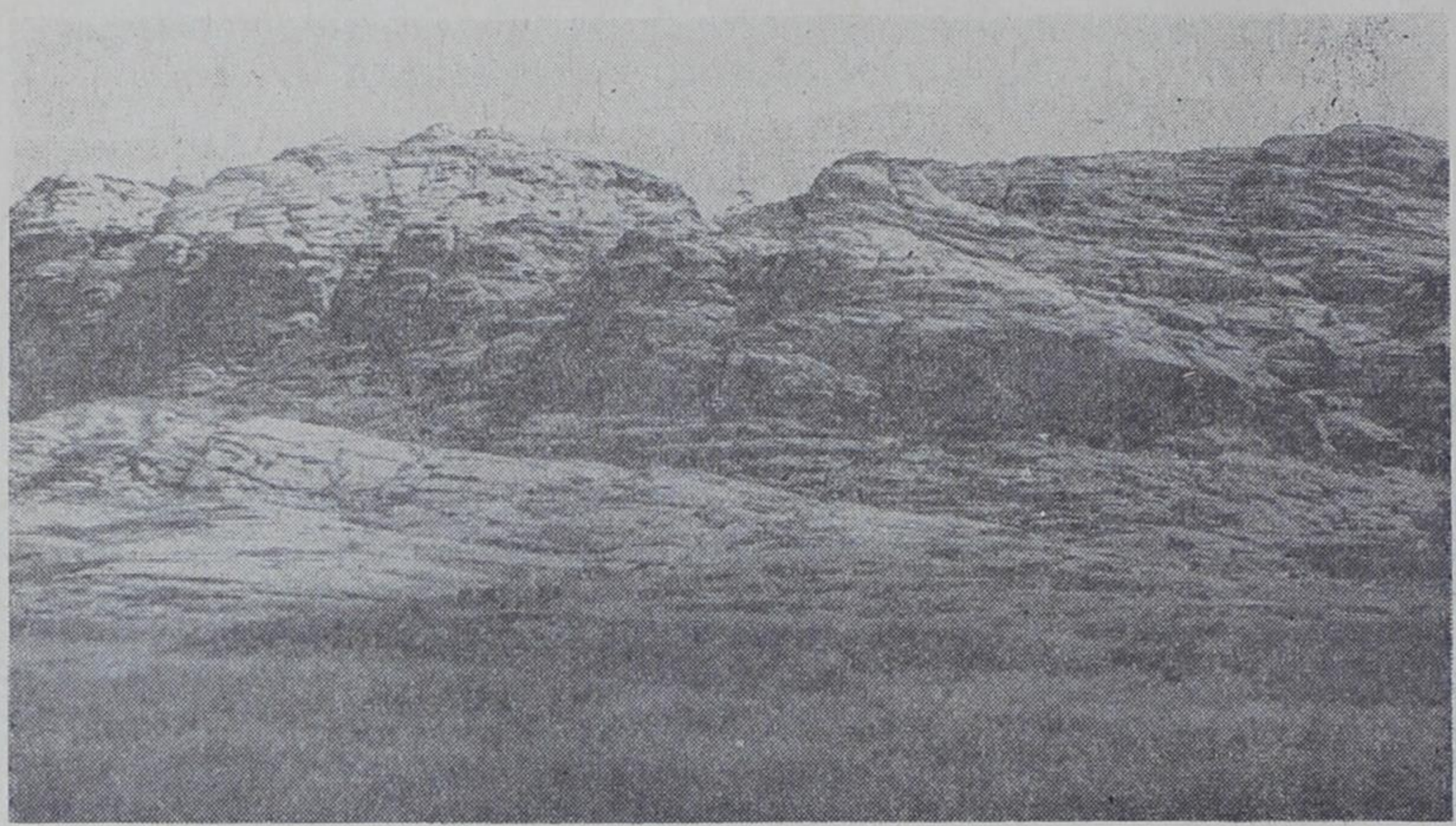


Рис. 17. Характер трещиноватости гранитов гор Кзылрай.

Глубина залегания подземных вод здесь определяется рельефом поверхности и достигает 50 *м*. В местах глубоких врезов и у подножия возвышенностей подземные воды выходят на поверхность в виде многочисленных источников с дебитами до 86 *м*³/*сутки* (до 1 *л*/*сек*), а в зонах тектонических нарушений или на контакте различных литологических разностей пород дебиты источников составляют 432 *м*³/*сутки* (5 *л*/*сек* и более). Повышенной водообильностью отличаются трещиноватые крупнозернистые граниты гор Кзылрай и Жаман-Кзылрай. Суммарный расход 37 источников, выходящих из этих массивов, по данным С. М. Шапиро и М. Х. Джабасова (1958), оказался равным 41 тыс. *м*³/*сутки* (470 *л*/*сек*), а дебиты отдельных источников превышали 1728—2160 *м*³/*сутки* (20—25 *л*/*сек*), давая начало ручьям и речкам. При этом режим крупных источников оставался более или менее постоянным в течение всего года.

По качеству трещинные воды исключительно пресные и ультрапресные, с минерализацией до 1 *г*/*л*, чаще до 0,5 *г*/*л*. По составу воды гидрокарбонатно-кальциевые.

Формула характерного химического состава источника у южного склона гор Жаман-Кзылрай следующая:

$$M_{0,675}\,\frac{C^{27}_{0,34}\,S^{15}_{0,23}\,Cl^{8}_{0,064}}{Ca^{27}_{0,11}\,Na^{18}_{0,084}\,Mg^{5}_{0,013}}\,.$$

Трещинные воды гранитоидов и зон тектонических нарушений могут рассматриваться как своего рода месторождения подземных вод, из которых возможен централизованный водозабор для населенных пунктов, промышленных предприятий и животноводческих ферм (рис. 18).

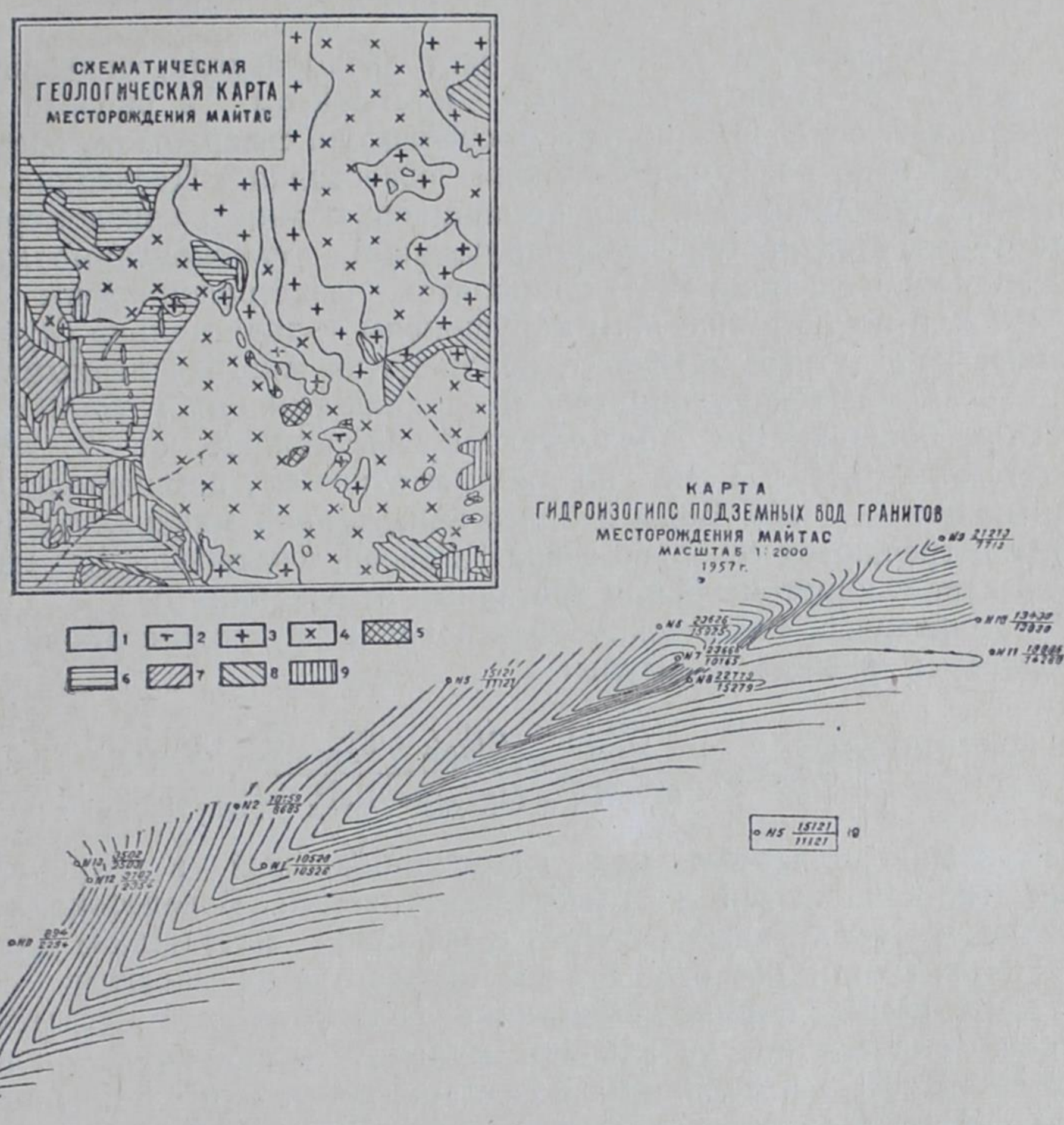


Рис. 18. *1*—дайки кварцевых порфиров; *2*—гранит-порфиры; *3*—среднезернистые порфировидные биотитовые граниты; *4*—мелкозернистые порфиритовые биотитовые граниты; *5*—диабазы; *6*—плагиоклазовые диабазовые андезитовые порфиры; *7*—фельзит-порфиры; *8*—эффузивно-кварцевые породы; *9*—грубообломочные туфы альбитофиров и кварцевых порфиров; *10*—скважина и ее номер: в числителе—условная отметка земли, в знаменателе — условная отметка воды.

Многолетние прогнозные запасы для трещинных вод интрузивных пород составляют примерно 4,2 млрд. $м^3$, или 440 млн. $м^3$ на 1 $км^2$ площади. При этом в расчет принято $^2/_3$ площади выходов гранитов, равной 7000 $км^2$ (мощность водоносных горизонтов равна 30 *м* и коэффициент водоотдачи —0,02). Учитывая, что из указанного объема запасов более реальным является извлечение 50%, эксплуатационные запасы трещинных вод гранитоидов выразятся величиной 2,1 млрд. $м^3$ (без учета ежегодного восполнения), а при 50-летней непрерывной эксплуатации это составит 1,3 $м^3/сек$ (при нормальном использовании только в дневные часы — 2,6 $м^3/сек$). Подземные воды гранитоидов можно извлекать путем скважин глубиной до 50—70 *м*. Наряду с трещинными водами гранитоидов несомненный практический интерес в качестве источника сельскохозяйственного водоснабжения для небольших живот-

новодческих ферм представляют трещинные воды эффузивно-осадочного комплекса, эксплуатация которых может проводиться из каптированных источников, колодцев и скважин глубиной 25—30 *м*.

Зона возвышенного мелкосопочника

Зона охватывает склоновую часть водораздела, сложена преимущественно осадочно-эффузивным комплексом, в разрезе которого преобладают осадочные породы (особенно на северном склоне): сланцы, песчаники и до некоторой степени известняки. Последние являются наиболее обводненными. Для песчаников, сланцев, конгломератов и их переходных разностей — туфопесчаников, туфоконгломератов — распространение активной трещиноватой выветрелой зоны достигает 30—40 *м*, а по тектоническим нарушениям — значительно глубже. Трещинные воды этого комплекса обнажаются многочисленными источниками, вскрываются колодцами и скважинами на глубинах до 30 *м*. Дебиты большинства водопунктов составляют от 9 *м*³/*сутки* до 86 *м*³/*сутки* (0,1—1 *л/сек*, по данным откачек), а минерализация подземных вод — 1 *г/л*. Воды с более повышенной минерализацией (1,5—2 *г/л*) встречаются севернее озера Карасор, где они обогащаются солями за счет глинистой кровли третичных отложений.

Характерный химический состав вод эффузивно-осадочной толщи представлен в виде формулы:

$$M_{(0,77-0,93)} \frac{C^{24}_{0,39}\, S^{22}_{0,27}\, Cl^{4}_{0,035} - S^{25}_{0,36}\, C^{20}_{0,36}\, Cl^{5}_{0,063}}{Ca^{23}_{0,12}\, Na^{22}_{0,13}\, Mg^{5}_{0,016} - Na^{28}_{0,2}\, Ca^{17}_{0,096}\, Mg^{5}_{0,022}}.$$

Тип минерализации вод гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый и сульфатно-натриевый. Вследствие небольших дебитов эти воды могут служить в основном источником для мелкого водоснабжения и поэтому запасы их не подсчитываются.

Карбонатные породы: известняки, доломиты, реже известковые песчаники, слагающие небольшие мульды, отличаются повышенной водообильностью и хорошим качеством воды. Эти породы интенсивно трещиноваты и закарстованы до глубины 100 и более метров. Коэффициенты водоотдачи равны 0,03 (по данным опытных определений), глубина залегания вод — в пределах 20 *м*, а в отдельных мульдах (Жиландинская) — больше. Скважины, пройденные в центральных частях мульд, вскрывали напорные воды с высотой напора до 60 *м*.

Воды по периферии мульд пресные (минерализация до 1 *г/л*), в центральных частях солоноватые (3—5 *г/л*). Тип минерализации гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевый. Дебиты скважин в среднем равны 86—860 *м*³/*сутки* (1—10 *л/сек*), а в отдельных случаях — 2200 *м*³/*сутки* и более (25 *л/сек*). Воды известняков широко используются для централизованного водоснабжения горнорудных предприятий. Общие многолетние запасы вод во всех мульдах составляют 9,0 млрд. *м*³, или 3 млн. *м*³ на 1 *км*² (при расчете приняты: площадь —2900 *км*², мощность водоносного горизонта —100 *м*, коэффициент водоотдачи —0,03). Возможные эксплуатационные запасы с расчетом сработки 50% их выражаются цифрой 4,5 млрд. *м*³, а при 50-летней эксплуатации ежесекундный расход их может составить 3 *м*³. Расходный модуль равен 90 *м*³/*сутки* с 1 *км*² (1,2 *л/сек*).

В пределах отдельных мульд была проведена детальная разведка, подсчитаны по промышленным категориям и утверждены в ГКЗ эксплуатационные запасы.

Так, по известнякам Алайгыра утвержденные запасы вод по категориям А+В+С составляют 27 000 *м³/сутки* (291 *л/сек*), по Жиландинской мульде —8600 *м³/сутки* (10 *л/сек*), по Успенской зоне смятия (на участках Акмая, Манатай, Машуран) — 13 760 *м³/сутки* (163 *л/сек*).

Минерализация вод известняков указанных структур и мульд невысокая, в основном не превышает 1 *г/л*. Так, например, формула химического состава воды колодца у пос. Акмая выглядит так:

$$M_{0,34}\,\frac{C^{22,5}_{0,18}\,S^{20,5}_{0,13}\,Cl^{7}_{0,03}}{Ca^{26}_{0,06}\,Na^{12,7}_{0,03}Mg^{11,3}_{0,002}}\,.$$

Химический состав воды скважины у пос. Акбулак характеризуется формулой:

$$M_{(0,45-0,6)}\,\frac{C^{24}_{0,23}\,Cl^{14,6}_{0,09}\,S^{11,4}_{0,08}-C^{24}_{0,3}\,S^{14,1}_{0,15}\,Cl^{11,9}_{0,09}}{Ca^{20,8}_{0,07}\,Na^{19,8}_{0,07}\,Mg^{9,4}_{0,0018}-Ca^{25,7}_{0,11}\,Na^{17,4}_{0,08}Mg^{6,9}_{0,0017}}\,.$$

Следует отметить, что к настоящему времени утвержденные запасы (0,55 *м³/сек*) составляют только шестую часть тех запасов, которые могут быть получены при полной эксплуатации. С целью вскрытия зоны и наиболее интенсивной трещиноватости и закарстованности эксплуатацию подземных вод лучше осуществлять скважинами глубиной 100—150 *м*.

Обособленное положение в районе занимают грунтовые воды песчано-гравийных отложений долин рек северного и южного склонов водоразделов (мощность их в среднем составляет 10—15 *м*, коэффициент водоотдачи —0,15—0,2). Во всех случаях грунтовые воды аллювиальных отложений образуют поток, ширина которого обычно меньше общей ширины долины. В большинстве своем воды залегают на глубинах до 5 *м*, имеют низкую минерализацию (до 1 *г/л*), для них характерны гидрокарбонатный состав и сравнительно высокие дебиты. Грунтовые воды всех долин широко используются для водоснабжения населенных пунктов, горнорудных предприятий и животноводческих хозяйств. Наиболее крупные долины Шерубай-Нура (верхнее и среднее течения, по данным С. Ж. Жапарханова, 1959), Нура (верховье, по А. П. Выходцеву, 1956), Талды-Джарлы, согласно Б. Н. Хворову (1956) и С. М. Шапиро (1949), детально разведывались, а по некоторым из них утверждались запасы по промышленным категориям.

Грунтовые воды долины р. Шерубай-Нура приурочены к песчано-гравийно-галечниковым аллювиальным отложениям мощностью от 5—6 до 18—20 *м*, с увеличением ее вниз по долине. Ширина грунтового потока колеблется от 3—4 до 10—12 *км*. Средние уклоны составляют 0,0018—0,0026. Коэффициенты фильтрации варьируют от 50 до 300—500 *м/сутки* (рис. 19). Расходы отдельных скважин колеблются в пределах от 600—860 до 2450—3000 *м³/сутки* (от 7—10 до 25—35 *л/сек*). Естественная производительность потока по поперечному профилю долины в ее среднем течении достигает 170—200 *л/сек*. Минерализация вод не превышает 1 *г/л*, состав гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый.

Формула химического состава воды скважин № 125 по участку Машуран представляется в следующем виде:

$$M_{0,61}\,\frac{C^{18,3}_{0,26}\,S^{17}_{0,17}\,Cl^{14,7}_{0,13}}{Na^{28}_{0,13}\,Mg^{11,5}_{0,031}\,Ca^{10,5}_{0,07}}\,.$$

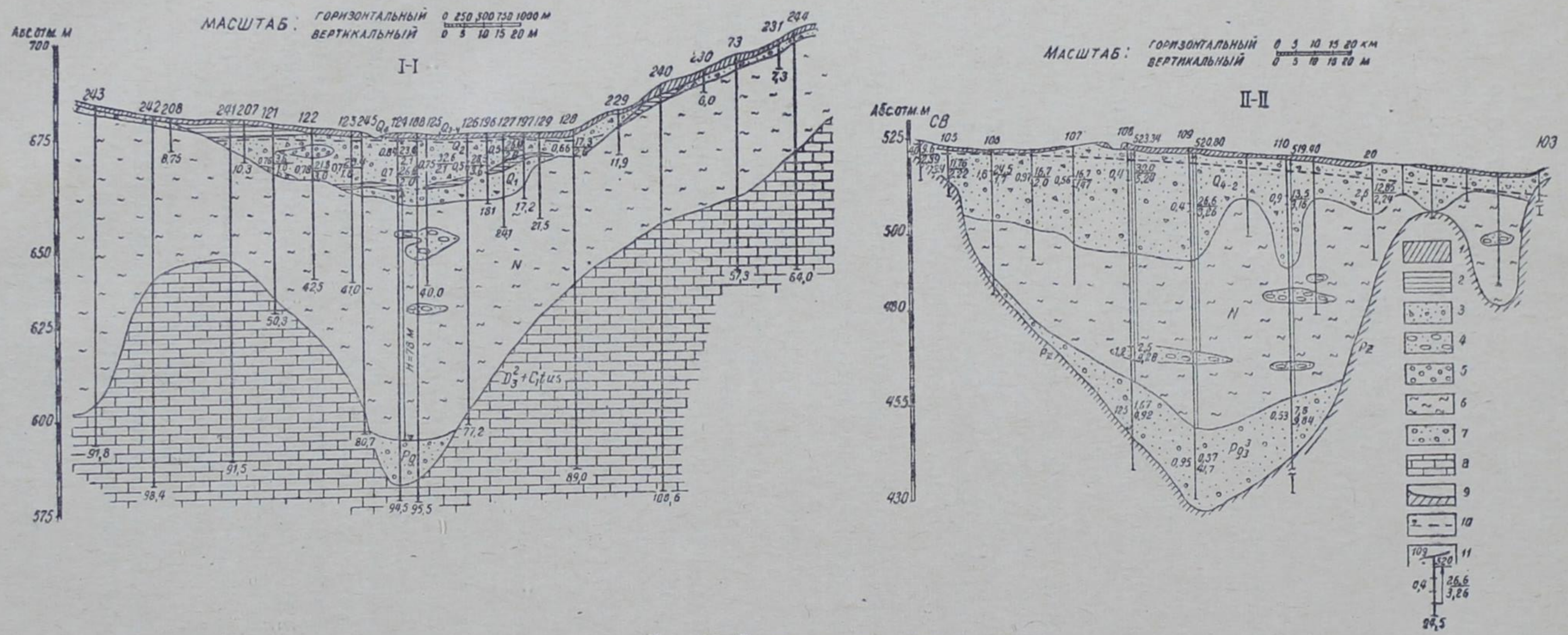


Рис. 19. Гидрогеологические разрезы:

I—I—долина р. Шерубай-Нуры (у сопки Мушуран); II—II—долина р. Токрау (у к-за им. 1 Мая); *1*—суглинки; *2*—глины песчаные; *3*—пески с гравием и галькой; *4*—галечники; *5*—конгломераты; *6*—глины пестроцветные; *7*—песчано-гравелисто-галечниковые отложения древних долин; *8*—известняки; *9*—коренные породы; *10*—уровень грунтовых вод; *11*—скважины; цифры: сверху — номер, снизу — общая глубина скважины *(м)*, справа в числителе — дебит *(л/сек)*, в знаменателе — понижение *(м)*, слева — минерализация воды *(г/л)*; стрелка—напор подземных вод *(м)*, цифра у стрелки—абсолютная отметка пьезометрического уровня воды.

Утвержденные эксплуатационные запасы по промышленным категориям только двух створов равны более 0,3 *м³/сутки*, а прогнозные многолетние запасы (рассчитанные с учетом коэффициента водоотдачи 0,2, площади водоносного горизонта 980 *км²*, мощности 7 *м*) составляют 1,3 млрд. *м³*.

При 50-летней непрерывной эксплуатации многолетних запасов ежесекундный расход будет равен 0,5 *м³/сек*, а с учетом ежегодно возобновляемых запасов (2,2 *м³/сек*), формирующихся как за счет инфильтрации атмосферных осадков (из расчета 10% общегодовой нормы), так и за счет фильтрации преимущественно весенних (паводковых) вод, общие запасы, вовлекаемые в эксплуатацию, составят около 2,7 *м³/сек*. Таким образом, возможности использования грунтовых вод долины весьма значительные.

Водозабор следует производить с помощью колодцев и скважин глубиной до 30 *м*.

Наряду с грунтовыми водами современной долины почти повсеместно распространены напорные воды песчано-гравийных и галечниково-щебенистых отложений древней долины. Водообильность их наиболее полно изучена на участках Аксу-Аюлы, Машуран и Карамурун, в верхней и средней частях долины. Максимальная глубина залегания кровли горизонта, по данным бурения, достигает 80 *м*. Мощность водоносных отложений изменяется от 5—6 до 9—11 *м*. Расходы скважин составляют от 860 до 1300 *м³/сутки* (10—15 *л/сек*). По качеству воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией до 1 *г/л*, реже до 2,5—3 *г/л*. Состав воды изменяется от гидрокарбонатно-кальциевого до сульфатно-натриевого. Эксплуатировать воды целесообразно скважинами глубиной до 80—100 *м*.

Грунтовые воды долины Джарлы приурочены также к песчано-гравийно-галечниковым отложениям мощностью 10—15 *м*. Коэффициенты фильтрации, по данным опытных откачек, равны 100—120 *м/сутки*, коэффициенты водоотдачи —0,2.

Ширина грунтового потока в долине колеблется от 3—4 *км* в верховьях до 10—12 *км* в низовьях. Уклон зеркала грунтовых вод равен 0,002. Воды пресные, с минерализацией 1 *г/л*, чаще 0,6—0,7 *г/л*. Тип минерализации гидрокарбонатно-кальциево-натриевый.

Химический состав воды по скважине (на первой надпойменной террасе в средней части долины) можно выразить формулой:

$$M_{0,464}\,\frac{C^{28}_{0,292}\,S^{12}_{0,096}\,Cl^{10}_{0,056}}{Ca^{23}_{0,078}\,Na^{19}_{0,07}\,Mg^{8}_{0,017}}\,.$$

Дебиты скважин составляют 430—860 *м³/сутки* (5—10 *л/сек*) при понижении уровня до 1,5—2 *м*. Производительность грунтового потока равна 250 *л/сек*. Прогнозные запасы по всей долине на площади 900 *км²* выражаются цифрой 1,8 млрд. *м³*, а ежесекундный расход при 50-летней эксплуатации —1 *м³/сек*. В настоящее время воды долины эксплуатируются путем колодцев глубиной 5—6 *м* и используются главным образом для водоснабжения редких населенных пунктов сельскохозяйственного типа. В связи с дальнейшим развитием экономики района грунтовые воды долины могут явиться надежным источником централизованного водоснабжения и орошения полей.

Водоносный горизонт долины Талды, принадлежащий бассейну озера Карасор, представлен песчано-галечниковыми отложениями мощностью от 5 до 23 *м*. Коэффициенты фильтрации равны 100—144 *м/сутки* (по данным опытных откачек), коэффициент водоотдачи —0,22. Ширина

грунтового потока в среднем составляет 7 *км*, увеличиваясь на отдельных участках до 12—15 *км* (площадь водоносного горизонта 784 *км*^{2}). Воды пресные, с минерализацией менее 1 *г/л*, по составу гидрокарбонатно-кальциевые.

Химический анализ воды из скважины, пройденной в средней части долины Талды, показывает следующий состав:

$$M_{0,313}\frac{C^{27}_{0,189}\,S^{13}_{0,054}\,Cl^{10}_{0,056}}{Ca^{30}_{0,07}\,Na^{11}_{0,016}\,Mg^{9}_{0,022}}.$$

Воды аллювия вскрыты многочисленными скважинами в связи с их разведкой для целей промышленного и хозяйственного водоснабжения. Дебиты скважин колеблются от 1123 до 2470 *м*^{3}/*сутки* (от 13 до 28,6 *л/сек*) при понижении статического уровня на 3—5 *м*. Для водоснабжения Карагайлинского месторождения на прилегающем к нему участке долины произведен подсчет запасов по промышленным категориям в количестве 24 796 *м*^{3}/*сутки* (287 *л/сек*).

Многолетние запасы по всей длине долины определяются в 2 млрд. *м*^{3}, при 50-летней эксплуатации и заборе 50% запасов расход выразится величиной 0,6 *м*^{3}/*сек*, т. е. приращение запасов может быть еще вдвое. Ежегодное пополнение запасов подземных вод за счет фильтрации поверхностных вод составляет 0,64 *м*^{3}/*сек* (по П. С. Кузину) и за счет инфильтрации атмосферных осадков —0,5 *м*^{3}/*сек*. Эксплуатационные запасы при этом будут равны 1,74 *м*^{3}/*сек* (при нормальном использовании —3,48 *м*^{3}/*сек*).

Эксплуатировать грунтовые воды долины можно шахтными колодцами большого диаметра, а также скважинами. Грунтовые воды всех остальных долин рек (Нура, Токрау, Жамши, Кусак), расположенных в пределах района только своими верховьями, разведывались мало. Ресурсы по ним не подсчитывались. Однако по аналогии с разведанными долинами района ресурсы грунтовых вод этих долин также должны быть значительными и могут широко использоваться для водоснабжения, орошения и обводнения.

Зона Ниаз-Ерементауских гор с участками возвышенного мелкосопочника

К северу от Караганды на многие километры тянутся Ниаз-Ерементауские горы, сложенные древними толщами, представленными в основном кварцитами. На общем фоне мелкосопочного рельефа кварциты выделяются обычно в виде гряд и грив, окаймленных шлейфом рыхлообломочных отложений. Относительные превышения их над окружающей территорией составляют 150—250 *м*. Площади широкого развития кварцитов характеризуются обилием небольших речек и озер, подпитываемых подземными водами, что обусловливается целым рядом благоприятных условий. Так, например, ознакомление с климатическими условиями показывает, что в пределах среднегорных районов атмосферных осадков выпадает сравнительно больше, чем на прилегающей или же смежной мелкосопочной или равнинной территориях. Кроме того, площади развития кварцитов, как правило, покрыты богатой растительностью, что обусловливает задержание снега и значительное накопление талых вод.

При изучении геологических и гидрогеологических условий районов распространения кварцитов (Мухамеджанов, 1954) установлено, что природные факторы формирования пресных подземных вод здесь достаточно благоприятны и что такие площади в значительной степени явля-

ются обводненными (рис. 20). Такое положение можно объяснить прежде всего тем, что массивы кварцитов, обычно представляющие осевые части антиклинальных поднятий, разбиты многочисленными трещинами, большая часть которых является крутопадающими (углы падения от 70 до 90°). На обнажениях кварцитов встречаются трещины самых различных размеров, от волосных до зияющих (40—50 *см* шириной). Преобладающая ширина трещин колеблется в пределах от 2—3 до 8—10 *см*. В связи со значительной трещиноватостью кварцитов и крутизной падения трещин происходит быстрое поглощение атмосферных осадков и проникновение их на глубину. Это обусловливает значительную водоносность кварцитов. Глубина циркуляции подземных вод в кварцитах чаще всего составляет 20—25 *м*.

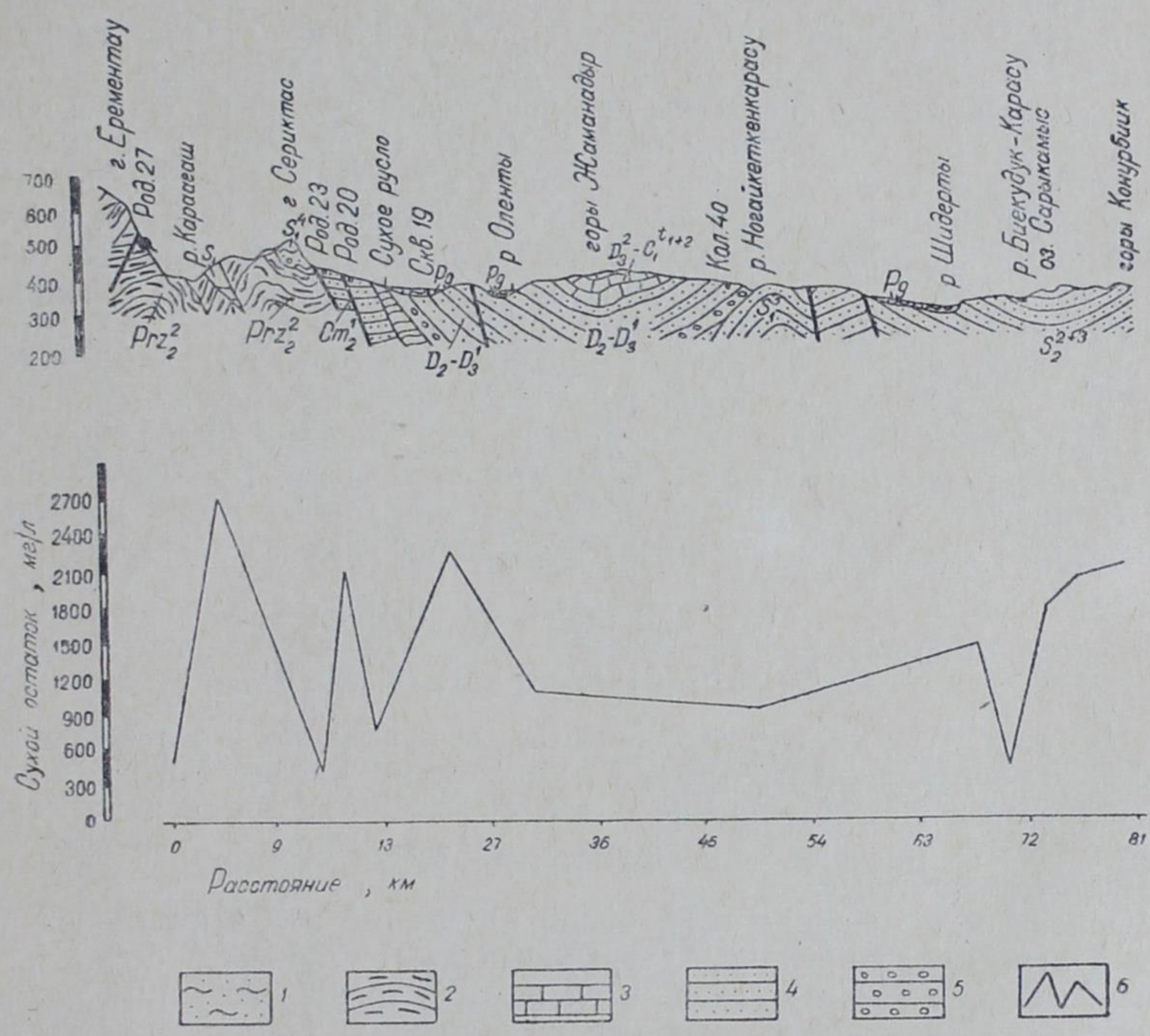


Рис. 20. Геолого-гидрогеологический разрез восточной части Ерементауских гор. *1*—глины, пески, супеси; *2*—кварциты; *3*—известняки; *4*—песчаники; *5*—конгломераты; *6*—график изменения сухого остатка.

На площадях распространения кварцитов наблюдаются обильные водопроявления — источники, мочажины и заболоченные участки, образующиеся в результате выклинивания подземных вод.

Обследованные источники (все без исключения) выходят у подошвы гряд или грив, а также в бортах или верховьях долин из щебнистых аллювиальных отложений шлейфов. Колодцы располагаются в долинах или логах ближе к их бортам или верховьям, обычно в сильно увлажненном борту или на дне у подошвы гряды или гривы. Зондировочные скважины, заложенные в пределах логов, также вскрывали воду на глубине до 2 *м*; при этом уровень воды поднимался до поверхности земли.

Как показывают наблюдения, водообильность кварцитов весьма зна-

чительная. Расходы источников колеблются от единиц до десятков кубических метров в сутки (от сотых долей до целых литров в секунду). Преобладающее число источников имеет дебит от десятых долей до единиц кубических метров в сутки (от сотых до десятых долей литра в секунду), а некоторые из них характеризуются расходами 143—370 *м³/сутки* (1,5—4,5 *л/сек*). Такие же пределы расходов источников, приуроченных к кварцитам, отмечаются некоторыми исследователями — Б. К. Терлецким, И. К. Зайцевым (1940) — и для смежных площадей.

Воды трещиноватых кварцитов в конечном счете стекают в рыхлообломочные щебенистые отложения подгорных шлейфов, которые с поверхности представлены суглинистыми или даже глинистыми породами. Глубина залегания воды в колодцах, расположенных на таких участках, не превышает 2—3 *м*, реже 5—8 *м*. Редкие откачки из таких колодцев при понижении уровня грунтовых вод на 0,2—0,3 *м* давали дебит в пределах от десятых долей до 43—60 *м³/сутки* (от сотых долей до 0,5—0,7 *л/сек*). Некоторые скважины при понижении уровня на 1—2 *м* показали расходы до 170 *м³/сутки* (1,7—2 *л/сек*). В широкой (5—6 *км*) и пологой долине речки Жуантобе, лежащей в пределах подгорного шлейфа северной оконечности гор, было пройдено несколько скважин. Этими скважинами на заболоченных участках были вскрыты водоносные горизонты на глубинах 2—5 *м*. В одной из скважин при откачке с понижением уровня 1,7 *м* был получен расход 146 *м³/сутки* (1,7 *л/сек*). Воды кварцитовых пород обладают хорошими питьевыми качествами. Плотный остаток их не превышает 1 *г/л*. Состав воды в подавляющем большинстве случаев гидрокарбонатно-магниевый. Воды родника Айнабулак с дебитом 0,8 *л/сек* (на ферме совхоза им. Тельмана — в горах Ерементау) и безымянного родника с дебитом 5 *л/сек* (в горах Жаксыниаз) соответственно имеют следующий химический состав:

$$M_{(0,32-0,46)}\frac{C^{35,47}_{0,28}\,S^{7,75}_{0,046}\,Cl^{6,7}_{0,03} - S^{32}_{0,211}\,C^{14,5}_{0,122}\,Cl^{3,5}_{0,017}}{Mg^{32}_{0,05}\,Na^{11,1}_{0,033}\,Ca^{6,6}_{0,07} - Ca^{23,3}_{0,064}\,Mg^{23,2}_{0,039}\,Na^{3,5}_{0,011}}\,.$$

На ряде участков, где трещинные воды проникают в отложения делювиально-пролювиального шлейфа, происходит увеличение минерализации и изменение соотношения анионной части химического состава подземных вод, которые из гидрокарбонатно-кальциевых переходят в сульфатно-кальциевые.

Основным источником пополнения подземных вод в кварцитах являются атмосферные осадки, которые выпадают главным образом в зимне-весеннее время и вначале поглощаются трещиноватыми коренными породами, слагающими наиболее возвышенные участки, а затем постепенно стекают и накапливаются в рыхлообломочных отложениях делювиально-пролювиального шлейфа или же по отдельным долинам и логам стекают в озерные чаши, расположенные в межсопочной равнине.

Подземные воды кварцитов обладают значительными запасами. Учитывая, что основные запасы концентрируются в рыхлообломочных отложениях шлейфов, занимающих примерно половину общей (1850 *км²*) площади (коэффициент водоотдачи равен 0,015), а мощность водовмещающей толщи составляет 10 *м*, общие многолетние запасы выразятся цифрой 0,28 млрд. *м³*; эксплуатационные запасы при сработке 50% общих в течение 50 лет составят 0,09 *м³/сек*, а расходный модуль — 0,05 *л/сек* с 1 *км²*. При нормальной эксплуатации запасы будут равны 0,18 *м³/сек*, а расходный модуль — соответственно 0,1 *л/сек* с 1 *км²*.

Выявленные особенности формирования и накопления подземных вод кварцитов облегчают решение ряда практических вопросов, связанных с сельскохозяйственным водоснабжением и обводнением.

Для расширения хозяйственного использования подземных вод на площадях распространения описываемых пород необходимо в первую очередь каптировать и расчищать имеющиеся многочисленные родники. Колодцы и другие водокаптажные сооружения необходимо закладывать только в пределах предгорного шлейфа, где накапливаются пресные подземные воды. Кроме того, на участках, условия рельефа которых благоприятны для задержания и накопления поверхностных вод, следует создавать пруды. При соблюдении определенных санитарных мероприятий возможно также использование вод некоторых пресных озер, имеющихся на этой территории.

С востока к Ниаз-Ерементауским горам примыкает возвышенный мелкосопочник, сложенный девоно-карбоновыми породами, в основном представленными известняками. В целом этот участок в геологическом отношении представляет крупную девоно-карбоновую структуру, богатую подземными водами и именуемую Акжаро-Борлинской.

Акжаро-Борлинская структура представляет крупный грабен, разбитый, очевидно, множеством невыявленных нарушений и имеющий единые гидрогеологические условия. Зафиксированные и изученные в пределах структуры два мощных водоисточника Акбулак и Муздыбулак с расходами в 12 040—864 *м*³/*сутки* (140—10 *л*/*сек*) и минерализацией вод до 0,8—0,9 *г*/*л* свидетельствуют о больших запасах пресных подземных вод. Кроме того, структура имеет обширную область питания и примыкает к богатым поверхностными и подземными водами Ниаз-Ерементауским горам. Все это позволяет сделать вывод, что структура заключает в себе большие запасы высококачественных вод.

В результате полевых исследований, а также сравнения стратиграфических разрезов девоно-карбоновых структур района с изученными в геолого-гидрогеологическом отношении районами установлено, что известняки фамена и турне отличаются значительной трещиноватостью и закарстованностью. Карстовые пустоты, по данным буровых работ, проведенных на трассе канала Иртыш — Караганда, встречаются даже на глубинах 150—200 *м*.

По данным, полученным на Аулие-Тобинской скважине, в интервале от 35,3 до 61 *м* наблюдалось полное поглощение промывочной жидкости.

Воды известняков отличаются хорошими питьевыми качествами. Тип минерализации их хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый, с сухим остатком до 1 *г*/*л*, в южной части структуры — до 3 *г*/*л*.

Анализ воды из родника Акбулак (ключ Святой) с дебитом 140 *л*/*сек* показал следующий ее состав:

$$M_{0,78}\,\frac{Cl^{22,5}_{0,211}\,C^{16,8}_{0,271}\,S^{10,7}_{0,135}}{Na^{26}_{0,162}\,Ca^{14,3}_{0,076}\,Mg^{9}_{0,028}}\,.$$

Питание подземных вод происходит как путем инфильтрации атмосферных осадков, так и фильтрации поверхностных вод. Следует отметить, что основная область питания находится за пределами площади распространения описываемой структуры.

Общая площадь всей структуры 1000 *км*².

Глубину распространения трещиноватой и раскарстованной зоны можно принять равной 80 *м*, а коэффициент водоотдачи — 0,04. Тогда прогнозные запасы по структуре составят 3,2 млрд. *м*³. При использовании 50% этих запасов в течение 50 лет эксплуатационные запасы выразятся цифрой 1,03 *м*³/*сек*, а при нормальной эксплуатации (с учетом сезонного использования) — 2,06 *м*³/*сек*. Расходные модули — соответственно 1 (2) *л*/*сек* с 1 *км*².

* * *

Таким образом, можно считать, что в пределах низкогорного и возвышенного мелкосопочного района Балхаш-Иртышского водораздела имеются значительные запасы пресных подземных вод. Только на площади 25 314 *км*² эксплуатационные запасы для грунтовых вод с учетом непрерывной 50-летней эксплуатации и сработки 50% многолетних составляют 12 *м*³/*сек*, а при нормальной эксплуатации (учитывая сезонность работы водозаборов) эта величина увеличится вдвое и будет равна 22 *м*³/*сек*. Расходные модули соответственно равны 0,4 (0,8) *л*/*сек* с 1 *км*².

При сработке 80% общих запасов эксплуатационные расходы увеличатся до 15,4 *м*³/*сек*, или до 30,8 *м*³/*сек* при нормальной эксплуатации, а расходный модуль — до 2 *л*/*сек*.

Эксплуатация подземных вод для целей водоснабжения, орошения полей возможна трубчатыми и шахтными колодцами и скважинами глубиной до 30—50 *м*, а также путем хорошо оборудованных родников.

VII. УЛУТАУСКИЙ НИЗКОГОРНЫЙ И ВОЗВЫШЕННЫЙ МЕЛКОСОПОЧНЫЙ РАЙОН

С. К. КАЛУГИН, Н. Д. ПЕТРОВ

Данный гидрогеологический район занимает юго-западную часть Центрального Казахстана и располагается между Тениз-Кургальджинской впадиной на севере, Тургайским прогибом на западе и плато Бетпак-Дала на юге. На востоке он ограничивается зоной выположенного мелкосопочника.

Вся эта территория характеризуется расчлененным рельефом — низкогорьем и возвышенным мелкосопочником с абсолютными отметками от 800 до 1135 *м* в центральной части района до 200—400 *м* по периферии, с относительным превышением в 200—500 *м*.

Климат района резко континентальный, с годовой амплитудой колебания температуры 75—80° и сравнительно небольшим количеством атмосферных осадков. На южных и юго-западных окраинах района сумма годовых осадков варьирует от 80 до 200 *мм*/*год*, а в центральной и северной частях — от 200 до 370 *мм*/*год*. В холодный период года выпадает около 40% годовых осадков, толщина снежного покрова составляет от 25 *мм* на юге до 40—60 *мм* на севере. Количеством зимних осадков предопределяется в основном питание поверхностных и подземных вод.

В пределах района располагаются довольно крупные речные долины трех бассейнов с многочисленными притоками. В Тениз-Кургальджинскую впадину приносят свои воды реки Терсаккан, Кирей, Кипшак и Кон; бассейн реки Сарысу образуют Каракингир, Джезды и Акмая, а бассейн Тургая — реки Каратургай, Джиланчик и Кумола. Реки района не имеют постоянного поверхностного стока, а заполняются водой лишь в весеннее половодье, проходящее в течение 3—4 недель. В остальное время года вода сохраняется только в плёсах.

В геологическом строении района принимают участие главным образом скальные породы допалеозоя и палеозоя, прорванные многочисленными интрузиями. Подчиненное развитие получили рыхлообломочные отложения палеогена и неогена.

Подземные воды встречаются почти во всех комплексах отложений. В скальных породах они приурочиваются к верхней трещиноватой зоне мощностью от 10—15 до 30—50 *м*. В карбонатных разностях, подверженных карстовым процессам, подземные воды распространяются до глубины 200—250 *м* и более.

Формирование подземных вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на площадях обнажения тех или иных отложений. Немаловажную роль при этом играет подток по региональной системе трещин и зонам тектонических нарушений со стороны возвышенных участков низкогорья.

Подземные воды района в целом отличаются низкой минерализацией и сравнительно высокими дебитами. Исключение составляют лишь участки развития глинистых осадков палеогена и неогена. Минерализация подземных вод здесь несколько повышенная, а дебиты водопунктов небольшие. По условиям формирования, характеру залегания, качеству и производительности подземных вод в пределах района выделяются три природно-гидрогеологические зоны: зона низкогорья (западная часть), зона возвышенного мелкосопочника и южная зона равнин.

Низкогорная зона

Зона охватывает Карсакпайский и Улутау-Арганатинский поднятия. Это крупный антиклинорий, вытянутый в меридиональном направлении и сложенный главным образом древними метаморфическими и изверженным породами. Только в центральной части зоны значительная площадь занята песчаниками и конгломератами девона. Основное развитие здесь получили трещинные воды, приуроченные к верхней выветрелой толще пород и к густой сети тектонических нарушений, прослеживающихся на значительную глубину. В зависимости от рельефа местности подземные воды залегают на глубинах от 5 до 25 *м*. Мощность обводненной зоны составляет в среднем 20 *м*. В местах глубоких врезов и у подножий сопок подземные воды выклиниваются в виде нисходящих источников с расходами от 1—2 *м*³/*сутки* (0,01—0,03 *л/сек*) до 86—100 *м*³/*сутки* (1—1,2 *л/сек*), реже до 170 *м*³/*сутки* (1,8—2,0 *л/сек*). По тектоническим нарушениям отдельные источники имеют дебиты 520—570 *м*³/*сутки* (6—8 *л/сек*). Одиночные скважины при опробовании показали дебиты 260—430 *м*³/*сутки* (3—5 *л/сек*) при значительных понижениях уровня воды. По существу площадь выделенной зоны является областью питания водоносных горизонтов и комплексов, расположенных гипсометрически ниже, в частности для карбонатных отложений девона и карбона.

По качеству трещинные воды исключительно пресные, с минерализацией до 1 *г/л*. Чаще встречаются воды гидрокарбонатно-хлоридно-натриевого или гидрокарбонатно-кальциевого состава, с минерализацией до 0,5—0,6 *г/л*.

Формула характерного состава вод родников № 62 (пос. Талап) и № 728 (горы Улутау) такая:

$$M_{(0,4-0,43)} \frac{C^{27,6}_{0,24}\, S^{14,3}_{0,1}\, Cl^{7,1}_{0,04} - C^{22,2}_{0,2}\, Cl^{13,8}_{0,07}\, S^{13,3}_{0,1}}{Ca^{20,5}_{0,06}\, Na^{16,5}_{0,05}\, Mg^{13}_{0,02} - Na^{37,4}_{0,12}\, Ca^{6,3}_{0,01}\, Mg^{6,3}_{0,01}}.$$

На юге и юго-западе, где широко развиты загипсованные глины палеогена и неогена, наряду с пресными встречаются и слабосолоноватые воды с минерализацией до 3 *г/л*. Тип вод в основном сульфатно-натриевый. Трещинные воды широко используются для водоснабжения

небольших населенных пунктов и животноводческих ферм путем каптажа источников, проходки колодцев и скважин глубиной до 50 *м* (рис. 21).

Рис. 21. Наиболее распространенный вид каптажа источника.

На севере и юге описываемой зоны располагаются две карбонатные мульды: Каиндинская и Сарысайская, содержащие трещинно-карстовые воды высокой производительности. По данным разведки (Островский и Хордикайнен, 1961—1962), подземные воды в мульдах залегают на глубинах до 30—40 *м*. Мощность обводненной зоны достигает 100—150 *м* и более. Расходы редко встречающихся источников обычно не превышают 130 *м*³/*сутки* (1,5 *л*/*сек*), в основном же подземные воды дренируются глубоко врезанными долинами рек и оврагов. Удельные дебиты скважин в пределах Сарысайской мульды более 1 *л*/*сек*, т. е. каждая скважина может дать около 860—2600 *м*³/*сутки* (10—30 *л*/*сек*). Качество воды хорошее. Сухой остаток не превышает 1 *г*/*л*, только на отдельных участках Сарысайской мульды, где с поверхности развиты глинистые образования, минерализация воды достигает 1,5—1,7 и даже 3 *г*/*л*. Тип воды в основном сульфатно-гидрокарбонатно-натриевый.

Химический состав подземных вод из скважины № 132 (0,34 *г*/*л*) и родника № 166 (2,49 *г*/*л*), расположенных в пределах Сарысайской мульды (Карсакпай), можно выразить следующей формулой:

$$M_{(2,49-0,34)} \frac{S^{24,3}_{1,0}\, C^{14}_{0,73}\, Cl^{11,7}_{0,35} - S^{25,3}_{0,15}\, C^{19,7}_{0,2}\, Cl^{5}_{0,014}}{Na^{26,2}_{0,38}\, Mg^{18,2}_{0,19}\, Ca^{5,6}_{0,1} - Ca^{36,6}_{0,11}\, Mg^{11,3}_{0,02}\, Na^{2,3}_{0,01}}.$$

Общие запасы трещинно-карстовых вод Сарысайской и Каиндинской мульд составляют 1 млрд. *м*³ (площадь водоносного горизонта 200 *км*², мощность 100 *м*, коэффициент водоотдачи 0,05). При условии использования 50% их в течение 50 лет с учетом ежегодного пополнения в количестве 0,5 *м*³/*сек* прогнозные эксплуатационные запасы двух этих структур выразятся цифрой 0,8 *м*³/*сек*.

С аллювиальными песчано-галечниковыми отложениями долины

Каратургая мощностью от 5—8 до 10—15 *м* связаны грунтовые воды, образующие поток шириной от 3—5 до 10—12 *км* (уклон его равен 0,0007—0,001, коэффициент фильтрации — от 35 до 75 *м/сутки*). Грунтовые воды, по С. К. Калугину (1962), вскрываются на глубинах от 1 до 5 *м*. Прогнозные многолетние запасы подземных вод долины в пределах описываемой зоны составляют 1,9 млрд. $м^3$ (площадь водоносного горизонта 1570 $км^2$, средняя мощность 10 *м* и коэффициент водоотдачи 0,12). Однако реально может быть извлечено не более 50% запасов, т. е. 750 млн. $м^3$, или 0,5 $м^3/сек$, в течение 50 лет. Ежегодное пополнение запасов подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков (10% от годовых) и подтока паводковых вод составляет 0,9 $м^3/сек$. Общие прогнозно-эксплуатационные возможности долины р. Каратургая достигают 1,4 $м^3/сек$. Подземные воды широко используются для водоснабжения небольших населенных пунктов и участков отгонного животноводства, а также для орошения огородных культур на пойменных участках долины с помощью колодцев глубиной до 10 *м* и водосборных канав (рис. 22).

Рис. 22. Водосборная канава, вскрывшая грунтовые воды. Используется для орошения.

Зона возвышенного мелкосопочника

Зона охватывает восточную часть района, характеризуется широким развитием брахискладок, сложенных главным образом карбонатными породами девона и карбона. В рельефе эти структуры обычно приподняты и секутся многочисленными оврагами и суходолами. По данным детальных исследований С. К. Калугина (1957, 1959), карбонатные отложения, представленные сильно трещиноватыми и закарстованными известняками, содержат мощные горизонты трещинно-карстовых вод. Активная обводненная зона прослеживается до глубины 150—200 и более метров. Зеркало подземных вод вскрывается на глубинах до 30, реже 50 *м*. Трещинно-карстовые воды часто выходят на поверхность в виде нисходящих и восходящих источников по глубоким врезам, у подножий сопок и грив (рис. 23—24). Большинство источников имеет расходы от 43—86 $м^3/сутки$ (0,5—1 *л/сек*) до 860—1300 $м^3/сутки$ (10—15 *л/сек*), достигая 2600 $м^3/сутки$ (30 *л/сек*) в зонах тектонических нарушений. Суммарный дебит 97 источников составляет 26 000 $м^3/сутки$ (300 *л/сек*). Значительные объемы трещинно-карстовых вод дренируются речными долинами, в результате чего плёсы в них сохраняются

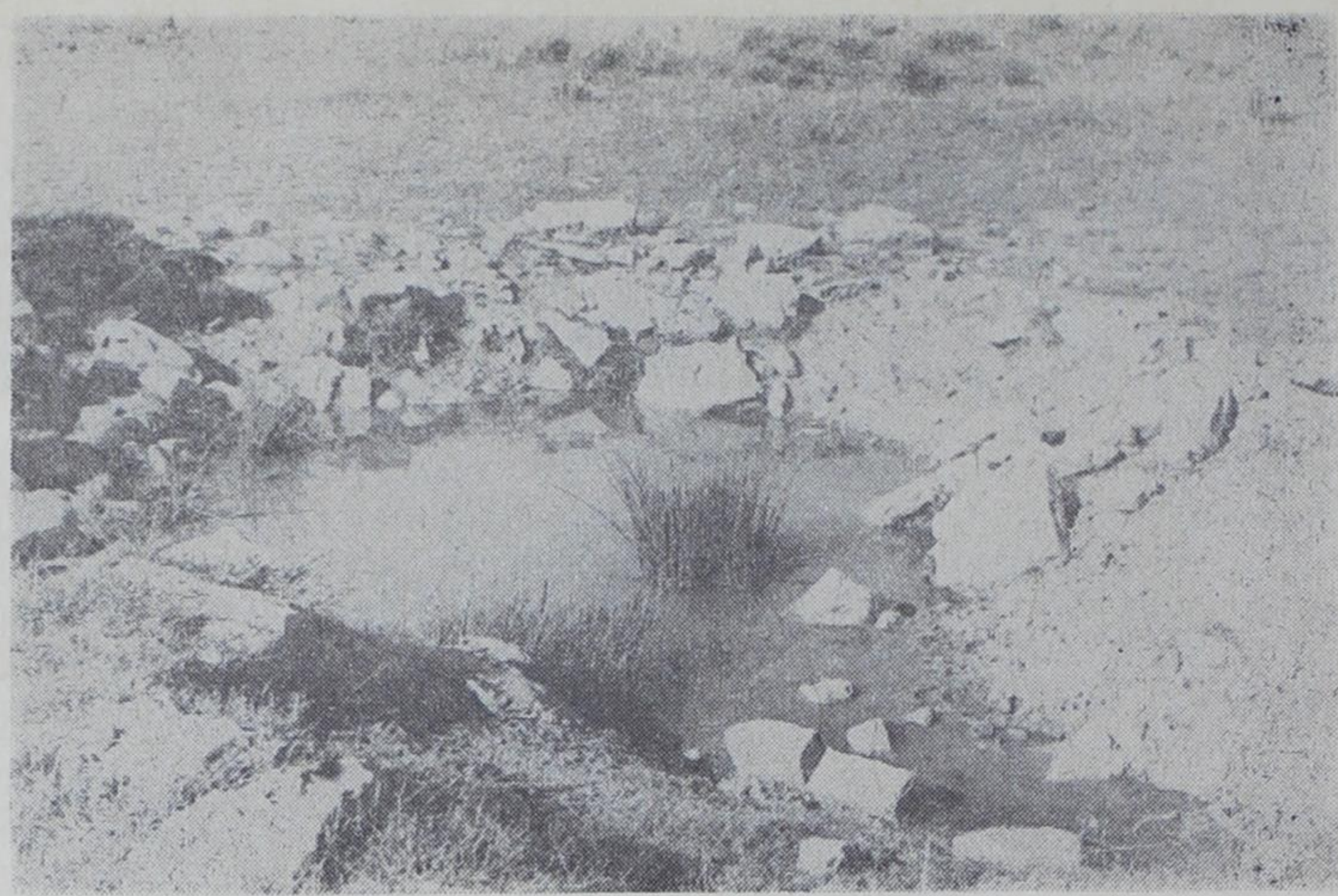


Рис. 23. Нисходящий родник в турнейских известняках. Расход 5,7 *л/сек*.

Рис. 24. Восходящий родник, приуроченный к тектоническому разлому, проходящему в девонских известняках. Расход 12,5 *л/сек*.

круглый год. Трещинно-карстовые воды, обладающие высокой производительностью, разведывались с целью водоснабжения Джезказганского промышленного района. Всего в пределах карбонатных структур к настоящему времени пробурено свыше 100 поисково-разведочных и эксплуатационных на воду скважин, которые при опробовании имели расходы от 860 до 6400 *м³/сутки* (10—75 *л/сек*), преимущественно 2160—4320 *м³/сутки* (25—50 *л/сек*). Отдельные скважины дают расходы более 8600 *м³/сутки* (более 100 *л/сек*).

Минерализация трещинно-карстовых вод обычно не превышает 1 *г/л*. Воды повышенной минерализации — до 3 *г/л* — встречаются в ме-

стах развития глинистых осадков неогена на севере и северо-востоке зоны. Состав вод, как правило, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевый, нередко сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый.

Химический состав вод скважин № 111 (0,27 *г/л*) и № 25 (0,64 *г/л*) (Айдосская и Уйтасская структуры) в средней части долины р. Каракингир можно выразить следующими формулами:

$$M_{0,64}\,\frac{S^{23,5}_{0,25}\,C^{14,4}_{0,2}\,Cl^{12,1}_{0,09}}{Na^{18,4}_{0,09}\,Ca^{16,7}_{0,07}\,Mg^{14,9}_{0,04}};\quad M_{0,27}\,\frac{C^{38}_{0,22}\,S^{9,3}_{0,04}\,Cl^{2,7}_{-}}{Ca^{2,08}_{0,04}\,Mg^{17,7}_{0,02}\,Na^{10,4}_{0,02}}.$$

В 1958 г. прогнозные многолетние и вековые запасы трещинно-карстовых пресных и слабосолоноватых вод были определены в размере 30 млрд. $м^3$. По более уточненным данным, полученным в последние годы, они выражаются цифрой в 54 млрд. $м^3$ (площадь 10 800 $км^2$, мощность 100 *м*, коэффициент водоотдачи 0,05). Кроме того, ежегодно возобновляемые запасы составляют около 9 $м^3/сек$. Возможные эксплуатационные запасы с учетом сработки 50% статистических объемов в течение 50 лет и ежегодного пополнения выражаются в 26 $м^3/сек$. Расходный модуль —2,4 *л/сек* с 1 $км^2$.

В пределах некоторых наиболее перспективных водоносных структур, общее количество которых около 35, проводились детальные гидрогеологические изыскания с целью определения их эксплуатационных возможностей.

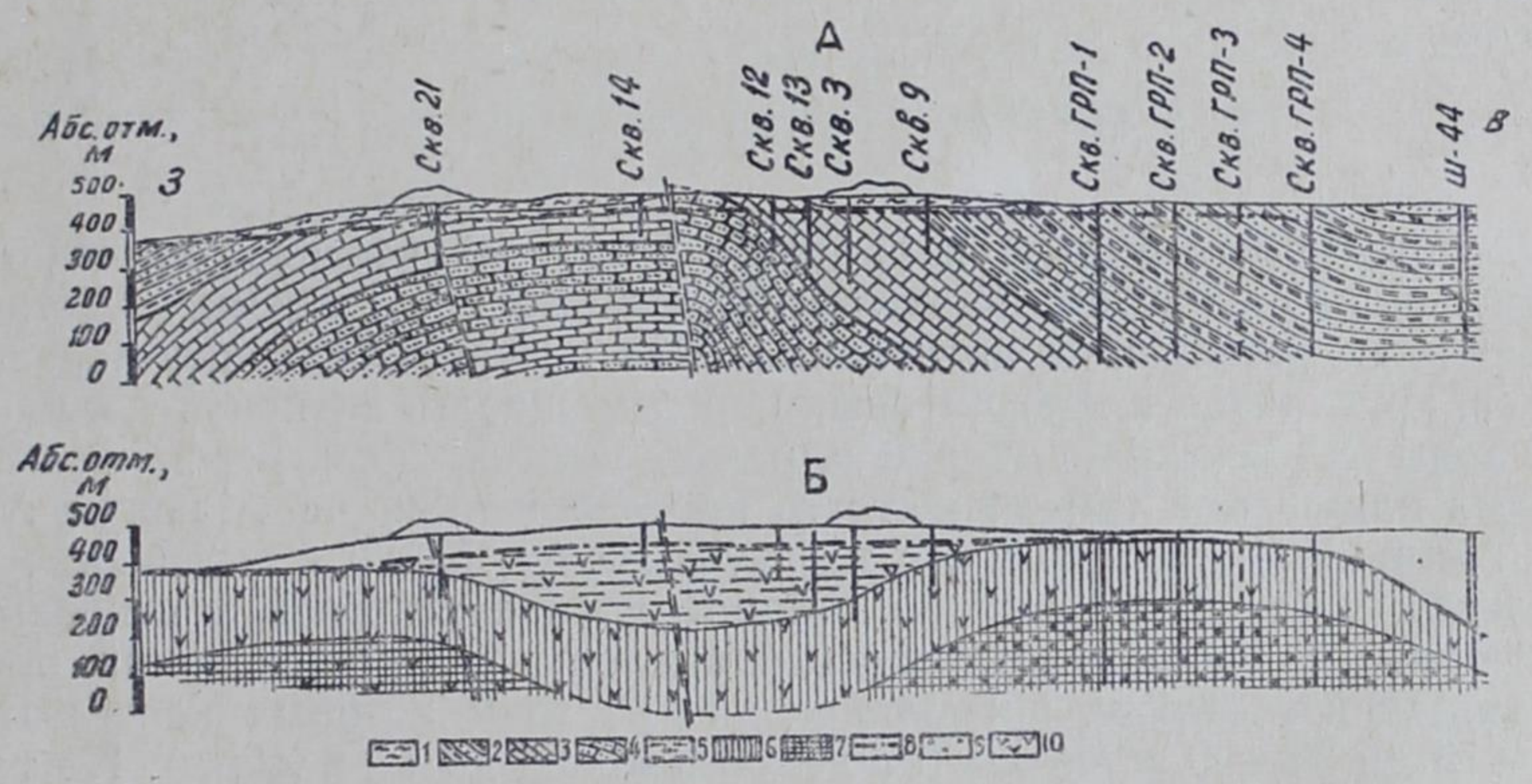


Рис. 25. *А*. Гидрогеологический профиль Жанайской структуры. *1*— глины; *2*—переслаивающиеся песчаники, аргиллиты и алевролиты; *3*—известняки; *4*—песчаники и гравелиты. *Б*. Пределы изменения минерализации подземных вод с глубиной: *5*—до 1 *г/л*; *6*— от 1 до 3 *г/л*; *7*— свыше 3 *г/л*; *8*—уровень подземных вод. Тип подземных вод: *9* — преимущественно сульфатно-натриевый; *10*—преимущественно хлоридно-натриевый.

На рисунке 25 показан разрез одной из наиболее типичных водоносных структур (Жанайской) и качественный состав заключенных в ней подземных вод. Разведка показала, что запасы подземных вод весьма значительны. По 11 брахиантиклинальным карбонатным структурам, являющимся месторождениями подземных вод, расположенных в радиусе до 100 *км* от г. Джезказгана, эксплуатационные ресурсы, утвержденные в ГКЗ, составляют 3,7 $м^3/сек$ (Калугин и др., 1957, 1959, 1961). Распределение их по структурам приводится в таблице 2. Подземные воды этих и ближайших к ним четырех структур, прогнозно-эксплуатационные запасы которых выражаются в 3 $м^3/сек$, могут служить источни-

ком водоснабжения крупных населенных пунктов и предприятий Джезказганского промышленного узла. Эксплуатация их возможна с помощью концентрированных водозаборов из скважин глубиной 100—200, иногда 250 *м*. Запасы по остальным структурам в количестве около 10 *м³/сек*, которые расположены в северной половине зоны, могут широко использоваться для потребностей сельского хозяйства путем заложения как групповых, так и разобщенных водозаборов. Предполагаемые расходы каждой скважины 860—2600 *м³/сутки* (10—30 *л/сек*).

Таблица 2

Водоносные структуры	Категории запасов									
	A		B		C_1		C_2		всего	
	л/сек	*м³/сутки*	*л/сек*	*м³/сутки*	*л/сек*	*м³/сутки*	*л/сек*	*м³/сутки*	*л/сек*	*м³/сутки*
Жанайская	332	28685	43	3715	125	10800	—	—	500	43200
Уйтасская	128,5	11100	88,5	7600	103	8900	—	—	320	27600
Эскулинская	2[illegible]8	18000	235	20300	487	42[illegible]00	—	—	930	80300
Айдосская	315	27200	285	24600	300	25900	—	—	900	77700
Баскагыльская	—	—	144	12400	81	7000	—	—	225	19400
Уртакагыльская	—	—	—	—	—	—	144	12400	144	12400
Аяккагыльская	—	—	—	—	—	—	64	5500	64	5500
Кожамситская	—	—	—	—	—	—	124	10700	124	10700
Котуржальская	—	—	—	—	—	—	292	25200	292	25200
Кзыладырская	—	—	—	—	—	—	141	12200	141	12200
Таньшаадырская	—	—	—	—	—	—	60	5200	60	5200
Итого	983,5	84985	795,5	68615	1096	94600	825	71200	3700	319400

Значительные площади в пределах восточной части возвышенного мелкосопочника сложены осадочно-эффузивными породами, местами прорванными гранитными интрузиями. Для песчаников, конгломератов, сланцев, аргиллитов и изверженных пород мощность активной трещиноватой зоны не превышает 15—30 *м*, реже достигает 50 *м*. В зонах тектонических нарушений трещиноватость прослеживается на бо́льшую глубину. Трещинные воды залегают на глубинах до 15—20 *м* в зависимости от рельефа местности. Часто по долинам глубоких врезов, у основания сопок и гряд подземные воды выклиниваются в виде нисходящих, реже восходящих источников, преобладающие расходы которых колеблются от 10—15 до 80—90 *м³/сутки* (от десятых долей до 1—2 *л/сек*). По тектоническим нарушениям источники обычно более высокодебитные, максимальные расходы их достигают 800—900 *м³/сутки* (10—12 *л/сек*). Скважины, вскрывающие трещинные воды в песчаниках и конгломератах девона и карбона, при опробовании дали расходы до 400 *м³/сутки* (5 *л/сек*) при понижениях уровней до 15, иногда до 40 *м*. Минерализация подземных вод, как правило, не более 1 *г/л* (гидрокарбонатно-натриевого и гидрокарбонатно-кальциевого состава).

Химический состав вод родника № 953 на сопке Акмола (минерализация 0,58 *г/л*) и скважины № 688 в горах Сасык-Баштау (минерализация 0,51 *г/л*) следующий:

$$M_{0,51}\ \frac{C_{0,5}^{41}\ Cl_{0,05}^{6,5}}{Ca_{0,1}^{25,5}\ Na_{0,07}^{15}\ Mg_{0,02}^{9,5}};\quad M_{0,58}\ \frac{C_{0,29}^{24}\ S_{0,15}^{15,5}\ Cl_{0,07}^{10,5}}{Na_{0,16}^{35}\ Ca_{0,04}^{9}\ Mg_{0,01}^{6}}.$$

Воды с более повышенной минерализацией (1,5—2,5 *г/л*) встречаются реже и главным образом вблизи межсопочных понижений, выпол-

ненных засоленными глинистыми образованиями неогена. В силу небольших дебитов и рассредоточенности эти воды не могут служить источником централизованного водоснабжения. Однако они широко могут использоваться для питьевых нужд небольших населенных пунктов и водопоя на участках отгонного животноводства.

В пределах зоны расположены две наиболее крупные речные долины: Терсаккан и Каракингир, аллювиальные отложения которых содержат значительные запасы поровых вод.

Долина Терсаккана входит в зону только в своем верхнем течении. Грунтовые воды приурочены к песчано-галечниковым отложениям, мощность которых колеблется от 5—6 до 10—15 *м*, иногда достигает 25 *м*. По данным разведки (Петров, 1957), подземные воды залегают на глубинах от 0,5 до 4 *м* и образуют поток, ширина которого составляет 3—5 *км*, увеличиваясь вниз по течению до 10—12 *км* (уклон зеркала подземных вод не более 0,001—0,0015, коэффициенты фильтрации от 10—15 до 35—40 *м/сутки*). Производительность скважин, опробованных откачками, установлена от 45 до 520—690 $м^3/сутки$ (от 0,5 до 6—8 *л/сек*), достигая в отдельных случаях 1470 $м^3/сутки$ (17 *л/сек*) при понижениях уровня на 5—10 *м*. Качество грунтовых вод удовлетворительное. Воды пойменных террас и русловых отложений имеют минерализацию до 1 *г/л*, но в бортах долины встречаются солоноватые воды гидрокарбонатно-сульфатного состава с сухим остатком до 3 *г/л*. Солоноватые воды дают также скважины, вскрывающие нижележащие водоносные горизонты погребенного аллювия.

Химический состав вод колодца № 14 (0,47 *г/л*) и скважины № 84 (3,0 *г/л*), расположенных в долине р. Терсаккан, следующий:

$$M_{(0,47-3,0)} \frac{C^{21,5}_{0,22}\, Cl^{12}_{0,08}\, S^{16,5}_{0,1} - S^{24,4}_{1,15}\, Cl^{21,5}_{0,75}\, C^{4,1}_{-}}{Na^{18}_{0,07}\, Ca^{18}_{0,06}\, Mg^{14}_{0,03} - Na^{33}_{0,75}\, Ca^{9,6}_{0,19}\, Mg^{7,4}_{0,14}}.$$

Общие запасы подземных вод долины р. Терсаккан и ее притоков в пределах зоны оцениваются в 1 млрд. $м^3$ (площадь водоносного горизонта 820 $км^2$, мощность 10 *м*, коэффициент водоотдачи 0,12). За счет использования 50% этих запасов можно в течение 50 лет получить 0,3 $м^3/сек$. Учитывая, что ежегодное пополнение за счет атмосферных осадков и паводковых вод составляет 0,43 $м^3/сек$, прогнозно-эксплуатационные возможности долины выразятся цифрой 0,73 $м^3/сек$. За счет грунтовых вод можно обеспечить потребности как населенных пунктов, так и сельскохозяйственных объектов. Грунтовые воды можно эксплуатировать при помощи колодцев и скважин глубиной до 50 *м*.

Долины р. Каракингир и ее притоков Сарыкингир и Джезды выполнены современными и древними аллювиальными суглинисто-песчано-галечниковыми отложениями мощностью от 3—5 до 10—15 *м*, а на отдельных участках — до 50—60 *м* (рис. 26). Подземные воды вскрываются на глубинах от 0,5—1 до 8—10 *м*. Ширина грунтового потока колеблется от 0,5 до 2—3 *км*. Естественные уклоны не превышают 0,0008—0,001. Коэффициенты фильтрации аллювия составляют в среднем 20—25 *м/сутки*.

Грунтовые воды долины р. Каракингир и ее притоков отличаются значительным разнообразием. Пресные воды с минерализацией до 1 *г/л* встречаются в верхнем и среднем течениях Каракингира (до плотины у г. Джезказгана). Ниже по течению, а также по всей долине правого притока Джезды наряду с пресными часто вскрываются слабосолоноватые воды с сухим остатком до 3, иногда 4 *г/л*. По составу воды смешанные, преимущественно гидрокарбонатно-сульфатные.

Химический состав вод скважины № 530 (минерализация 0,9 *г/л*) в долине р. Каракингир и скважины № 575 (минерализация 1,3 *г/л*) в долине р. Акмая следующий:

$$M_{(0,9-1,3)}\ \frac{C^{19,7}_{0,39}\,S^{16,7}_{0,25}\,Cl^{13,6}_{0,14} - Cl^{20,5}_{0,32}\,S^{19,8}_{0,41}\,C^{9,7}_{0,26}}{Na^{21,3}_{0,16}\,Mg^{16,7}_{0,07}\,Ca^{12}_{0,07} - Na^{22,9}_{0,23}\,Ca^{19,8}_{0,16}\,Mg^{8,3}_{0,04}}.$$

Общие многолетние запасы подземных вод долины Каракингира и ее притоков определены в 1,4 млрд. *м*^{3} (площадь 950 *км*^{2}, мощность 10 *м*, коэффициент водоотдачи 0,12). При 50-процентной сработке этих запасов, т. е. 700 млн. *м*^{3}, можно в течение 50 лет получить до 0,4 *м*^{3}/*сек*; ежегодно возобновляемые запасы за счет паводковых вод и инфильтрации атмосферных осадков будут достигать 2,97 *м*^{3}/*сек*. При этом общие прогнозные эксплуатационные запасы аллювиальных вод долины составят 3,37 *м*^{3}/*сек*. Однако эти запасы не могут быть использованы без резкого сокращения объема и режима эксплуатации действующего Кингирского водохранилища. Поэтому устройство водозаборов здесь нами не рекомендуется. Аллювиальные воды долины используются для питьевых нужд небольших потребителей с помощью колодцев и скважин глубиной до 25—30 *м*.

Южная зона равнин

Эта зона представляет обширную Джезказганскую впадину, погружающуюся на юг в сторону Бетпак-Далы. В рельефе она представляет собой выровненную возвышенную территорию с абсолютными отметками 300—500 *м*. Крылья впадины сложены песчаниками, аргиллитами, алевролитами и сланцами среднего и верхнего карбона. Центральную часть ее занимают отложения нижней перми, в разрезе которых преобладают мергелистые образования. Местами пермские и карбоновые отложения прикрыты песчано-глинистыми осадками верхнего мела и палеоген-неогена. Трещинные воды приурочены к верхней трещиноватой зоне скальных пород, мощность которой не превышает 50—70 *м*. По данным разведки (Калугин, 1957), подземные воды залегают на глубинах до 15—20 *м*. Естественных водопроявлений очень мало, расходы источников и колодцев составляют 10—15 *м*^{3}/*сутки* (десятые доли *л/сек*). Дебиты скважин, пробуренных в пределах Джезказганской впадины, колеблются от 50 до 360 *м*^{3}/*сутки* (0,6—4,2 *л/сек*) при понижении уровня воды до 15 *м*. Воды карбоновых отложений сульфатно-гидрокарбонатно-натриевого состава имеют минерализацию чаще всего от 1 до 3 *г/л*. Нижнепермские отложения, среди которых вскрываются соленосные горизонты, содержат солоноватые и слабосоленые воды с минерализацией 3—10 *г/л*. Состав их сульфатно-хлоридно-натриевый.

Химический состав воды шахты Покро-2 (минерализация 1 *г/л*) в Джезказгане и скважины № 82 (минерализация 3,5 *г/л*) в пос. Северном следующий:

$$M_{1,0}\ \frac{S^{25}_{0,42}\,C^{8}_{0,3}\,Cl^{7}_{0,14}}{Na^{24,3}_{0,19}\,Ca^{16,6}_{0,12}\,Mg^{9,1}_{0,04}};\quad M_{3,5}\ \frac{Cl^{30,5}_{1,3}\,S^{13,3}_{0,8}\,C^{6,2}_{0,3}}{Ca^{38,8}_{0,9}\,Na^{9,9}_{0,13}\,Mg^{2,3}_{0,08}}.$$

В пределах этой зоны развиты также и поровые воды, приуроченные к песчано-глинистым прослоям и линзам меловых и палеоген-неогеновых отложений. Вскрываются они на глубине 3—5 *м*, реже более. Расходы колодцев и немногочисленных скважин не превышают 250 *м*^{3}/*сутки* (3 *л/сек* — верхнемеловой горизонт) и снижаются до 10—15 и даже 1—

2 *м*³/*сутки* (десятые доли литра в секунду) в палеоген-неогеновых глинистых образованиях. Качество воды самое разнообразное. Воды меловых песчано-глинистых отложений имеют минерализацию в пределах 1—1,5, редко 2—3 *г/л*. Подземные воды песчано-глинистых прослоев палеоген-неогена чаще всего солоноватые и соленые, с минерализацией до 10 *г/л* и более. Практического значения поровые воды этой зоны почти не имеют.

* * *

Таким образом, изложенное показывает, что в пределах Улутауского низкогорного и возвышенного мелкосопочного района сосредоточены огромные запасы пресных и слабосолоноватых вод. Прогнозные эксплуатационные запасы карбонатных структур на площади 1354 *км*² при 50-процентном непрерывном использовании в течение 50 лет составляют 35 *м*³/*сек* (при нормальном извлечении по сезонам и в определенные часы суток расход можно увеличить до 70 *м*³/*сек*). Расходные модули с 1 *км*² соответственно будут равны 2,2 (4,4) *л/сек*.

При 80-процентном использовании эксплуатационные запасы соответственно возрастут до 48 (96) *м*³/*сек*, а расходные модули — до 3,3 (6,6) *л/сек* с 1 *км*².

При этом следует отметить, что ввиду недостаточной изученности и спорадичности распространения в расчет не вошли запасы трещинных вод в пределах района, занимающих большие площади.

VIII. КОКЧЕТАВСКИЙ ВОЗВЫШЕННЫЙ МЕЛКОСОПОЧНИК С УЧАСТКАМИ НИЗКОГОРИЙ

В. А. БОЧКАРЕВА

Район представляет собой сильно расчлененный горноостровной мелкосопочник с участками грядово-холмистого низкогорья, являющийся центральным водоразделом Северного Казахстана. На севере, востоке и западе его границами является слабоволнистая мелкосопочная равнина Центрального Казахстана, а на юге — Тениз-Кургальджинская впадина. Абсолютные отметки поверхности достигают 400—887 *м*. Отсюда берут начало многочисленные реки, текущие на запад и юг в систему р. Ишима и на север в бессточные впадины Западно-Сибирской низменности. Наиболее крупной рекой, текущей к северу, является Чаглинка (средний многолетний годовой расход 0,69 *м*³/*сек*), которая берет начало в горах Жиланды и Зеренды. Описываемый район богат самыми разнообразными по своим размерам, формам, генезису и типам озерами. Среди них очень живописной является так называемая Боровская группа озер: Щучье, Боровое, Малое Чебачье и Большое Чебачье (рис. 27). Район отличается резко выраженным континентальным климатом. Осадки выпадают главным образом в зимнее и весеннее время. Среднегодовое количество осадков варьирует от 300—400 *мм* в горных участках до 262—270 *мм* в северных и восточных — наиболее пониженных местах района.

Рассматриваемая территория располагается в пределах Кокчетавского антиклинория, сложенного интенсивно дислоцированными архейскими и протерозойскими отложениями, прорванными большими масси-

вами интрузий. И лишь крайняя восточная часть его попадает в область развития эффузивно-осадочных пород кембро-ордовика, прорванных интрузиями и осложненных наличием девоно-карбоновых мульд, входящих в пределы Восточно-Кокчетавского синклинория.

Рис. 27. Озеро Боровое.

Открытые структуры и сильно расчлененный рельеф способствуют активной циркуляции подземных вод, что приводит к формированию слабоминерализованных подземных вод, приуроченных к верхней трещиноватой зоне метаморфических пород допалеозоя, эффузивно-осадочных пород кембро-ордовика и интрузивного комплекса пород.

Формирование подземных вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков главным образом весенне-зимнего периода, общее количество которых составляет 26—29% от годовых.

Выпадая в виде снега, они скапливаются мощным слоем в понижениях рельефа, у подножия возвышенностей. При медленном их таянии в местах отсутствия покровных глинистых образований происходит наиболее полная инфильтрация талых вод, обусловливая очаговое питание.

Наряду с атмосферным питанием часть подземных вод этой территории, в частности трещинные воды интрузий и метаморфического комплекса пород допалеозоя, трещинно-карстовые воды девоно-карбона, а также грунтовые воды делювиально-пролювиальных отложений, пополняет свои запасы и за счет стока трещинных вод с вышележащих низкогорных участков (Боровский, Жукейский, Макинский, Зерендинский массивы и др.). Подток вод часто происходит по региональным тектоническим нарушениям.

Мощность обводненной зоны трещиноватых пород обычно не превышает 30—40 *м*. Однако нередко водоносность их снижается вследствие заполнения отдельных трещин глинистыми продуктами выветрива-

ния. Глубина залегания трещинных вод колеблется в пределах от нескольких метров до 30—50 *м*, реже более. На участках дренирования подземных вод — в логах, тектонических зонах — имеются естественные выходы их в виде родников. Трещинные воды местами обладают слабым напором, редко превышающим 25—40 *м* над кровлей коренных пород. По качеству трещинные воды относятся к пресным с минерализацией от 0,03 до 1 *г/л*. Однако встречаются участки и со слабосолоноватыми водами с минерализацией до 3 *г/л*. Обычно они приурочены к мелкосопочным понижениям, где водообмен затруднен вследствие наличия глинистых продуктов выветривания коренных пород. В зависимости от литологического состава водовмещающих пород здесь встречаются гидрокарбонатно-кальциевые воды, приуроченные к гранитам нормального состава и эффузивным аналогам, гидрокарбонатно-натриевые воды, связанные с гранитами, порфиритоидами, кварцевыми порфирами, богатыми полевыми шпатами, а также гидрокарбонатно-магниевые, приуроченные к гнейсам, амфиболитам и ультраосновным породам.

В восточной части района в эффузивно-осадочных отложениях ордовика встречаются пресные воды хлоридно-натриевого состава. Ниже приведены формулы характерных химических анализов трещинных вод по Ульке-Алган (0,17 *г/л*), Боровскому гранитному массиву (0,1 *г/л*) и пос. Каракога (0,87 *г/л*):

$$M_{(0,17-0,1-0,879)} \frac{C^{47}_{0,028}\, Cl^{2}_{0,006}\, S^{1}_{0,002} - C^{43,7}_{0,106}\, S^{3,27}_{0,006}\, Cl^{0,03}_{0,0046} - }{Na^{32,5}_{0,062}\, Ca^{9,5}_{0,016}\, Mg^{8}_{0,008} - Ca^{37,9}_{0,03}\, Mg^{7,56}_{0,0036}\, Na^{4,54}_{0,007} - }$$

$$\frac{- Cl^{31,67}_{0,363}\, C^{14,22}_{0,28}\, S^{4,11}_{0,054}}{- Na^{[illegible]}_{0,117}\, Mg^{13,5}_{0,053}\, Ca^{12,6}_{0,032}}.$$

Производительность водоносных комплексов метаморфических и эффузивно-осадочных пород допалеозоя и палеозоя незначительна. Дебиты скважин в среднем варьируют в пределах от 8,6 до 86 *м³/сутки*, преимущественно от 8,6 до 43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Значительной водообильностью обладают трещинные воды интрузий, особенно гранито-гнейсы, разгнейсованные граниты, а также позднекаледонские граниты батолитовых массивов с дебитами выработок порядка 86—430 *м³/сутки* (1—5 *л/сек*). При прочих равных условиях высокой производительностью отличаются родники и скважины, приуроченные к зонам тектонических нарушений и к зонам контакта различных литологических разностей пород. Дебиты родников и скважин здесь достигают 430—1376 *м³/сутки* (5—16 *л/сек*). В практическом отношении наиболее перспективными в районе являются трещинные воды интрузий. Прогнозные многолетние ресурсы трещинных вод интрузий площадью 13 788 *км²* (при расчете взято $^2/_3$ площади, т. е. 9192 *км²*) при мощности 25 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,017 составляют 3,9 млрд. *м³*, или на 1 *км²* — 0,4 млн. *м³*. При сработке 50% запасов и непрерывной их эксплуатации в течение 50 лет расход воды составит 1 *м³/сек* (а при нормальной эксплуатации можно извлечь 2 *м³/сек*).

Эксплуатацию водоносного горизонта можно осуществлять скважинами глубиной до 60—70 *м*.

Наряду с трещинными водами в пределах Кокчетавского района ограниченное распространение имеют трещинно-карстовые воды, приуроченные к карбонатным образованиям девоно-карбона (известковистые песчаники, алевролиты, реже известняки, мергели и доломиты), слагающие Яблоновскую мульду, расположенную в его восточной окраине.

Водоносность пород девоно-карбона обусловлена трещиноватостью и карстовыми пустотами. Глубина распространения трещин прослеживается до 130—150 *м*. Однако зона интенсивной трешиноватости обычно не превышает 80—100 *м*. При этом трещиноватость пород увеличивается по мере удаления от центра мульды к ее крыльям, где они разбиты многочисленными разрывными нарушениями. Коэффициент фильтрации водоносного комплекса пород девоно-карбона, по данным опытных откачек, для Яблоновской структуры (Фролов, 1960) составляет 6,57 *м/сутки*. Коэффициент водоотдачи пород водоносного комплекса в среднем равен 0,027. Глубина залегания трещинно-карстовых вод девоно-карбона в зависимости от рельефа и мощности покровных отложений изменяется в пределах от 0,5—1,6 (на периферии) до 10—30 *м* (центральная часть). По качеству воды девоно-карбона в основном пресные и слабосолоноватые, с сухим остатком до 3 *г/л*, гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-натриевого состава.

Наиболее характерный химический состав трещинно-карстовых вод в пределах Яблоновской структуры следующий:

$$M_{(0,3-1,2)} \frac{C^{23,2}_{0,15}\, Cl^{15,3}_{0,03}\, S^{11,5}_{0,05} - Cl^{31,72}_{0,505}\, C^{15,57}_{0,427}\, S^{2,71}_{0,058}}{Na^{21,2}_{0,05}\, Ca^{17,8}_{0,04}\, Mg^{11}_{0,01} - Na^{28,82}_{0,188}\, Mg^{11,7}_{0,064}\, Ca^{9,48}_{0,035}}.$$

Водообильность пород водоносного горизонта девоно-карбона колеблется от 4,3 до 1075 $м^3$/*сутки* (0,05—12,5 *л/сек*). Участки с наибольшими дебитами скважин располагаются в западной и северной частях структуры, что объясняется интенсивной трещиноватостью и закарстованностью пород, а также близким расположением здесь основных областей питания (Макинский и Кзылкумский гранитные массивы). Эксплуатационные дебиты скважин здесь могут быть доведены до 1720—2600 $м^3$/*сутки* (20—30 *л/сек*). Прогнозные ориентировочные ресурсы только трещинно-карстовых вод на площади, равной 340 $км^2$, при мощности 100 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,027 составляют 0,92 млрд. $м^3$ воды, или на 1 $км^2$ — 2,7 млн. $м^3$ воды. При сработке 50% запасов и непрерывной их эксплуатации в течение 50 лет расход воды составит 0,3 $м^3$/*сек* (при нормальной эксплуатации — 0,6 $м^3$/*сек*).

Трещинно-карстовые воды Яблоновской мульды могут служить источником водоснабжения крупных населенных пунктов и промышленных объектов, в частности г. Макинска. Во избежание подтока сильно минерализованных вод, они могут эксплуатироваться скважинами глубиной не более 100—110 *м*.

Кроме трещинных и трещинно-карстовых вод, в районе распространены также грунтовые воды песчано-глинистых отложений неогена и четвертичных делювиально-пролювиальных отложений. Приурочены они к суглинкам, в различной степени обогащенным включениями щебня и гравия, к песчаным глинам, глинистым пескам. Эти отложения местами содержат воду в виде небольших разобщенных линз или в форме маломощных грунтовых потоков. Сплошные выдержанные водоносные горизонты отсутствуют. Глубина залегания их колеблется от 0,4 до 5—10 *м*. Водообильность отложений в основном низкая — дебиты выработок редко превышают единицы кубических метров в сутки. По качеству воды отличаются значительной пестротой. Наряду с пресными водами (до 1 *г/л*) встречаются солоноватые и соленые, с минерализацией до 15 *г/л*.

Наиболее характерный химический состав грунтовых вод из песчаных, гравийно-галечниковых и песчано-глинистых неогеновых и четвертичных отложений по долине р. Кошкарабайка, скважина № 270

(0,7 *г/л*), по долине р. Арчалы, скважина № 315 (1,3 *г/л*) и колодец у пос. Сауле (12,5 *г/л*) следующий:

$$M_{(0,7-1,3-12,5)}\ \frac{C^{24}_{0,317}\,S^{13}_{0,154}\,Cl^{13}_{-} - Cl^{44}_{0,771}\,C^{4,9}_{0,148}\,S^{1,1}_{0,027} -}{Na^{28}_{0,144}\,Mg^{11,3}_{0,034}\,Ca^{10,5}_{0,051} - Mg^{19,2}_{0,116}\,Na^{16,4}_{0,188}\,Ca^{14,4}_{0,143} -}$$

$$\frac{- Cl^{42,1}_{6,496}\,S^{7,1}_{1,488}\,C^{0,8}_{0,22}}{- Na^{21,9}_{2,225}\,Ca^{19,7}_{1,712}\,Mg^{8,4}_{0,429}}.$$

Ввиду слабой обводненности делювиально-пролювиальных отложений заключенные в них воды по существу использоваться не могут.

* * *

Таким образом, в пределах Кокчетавского района имеются значительные запасы пресных подземных вод: трещинных — 3,9 млрд. $м^3$ и трещинно-карстовых — 0,92 млрд. $м^3$, всего 4,82 млрд. $м^3$. При непрерывной их эксплуатации в течение 50 лет и сработке 50% запасов расход воды составит 1,3 $м^3/сек$. При нормальной эксплуатации их можно извлечь в 2 раза больше, т. е. 2,6 $м^3/сек$. Расходные модули с 1 $км^2$ составят 0,1 (0,2) *л/сек*.

IX. МЕЛКОСОПОЧНАЯ РАВНИНА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

У. М. АХМЕДСАФИН, И. А. БАРКАЛОВ, В. А. БОЧКАРЕВА, М. Х. ДЖАБАСОВ, С. Ж. ЖАПАРХАНОВ, А. Ф. КАЛМЫКОВ, С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, В. Н. ОСТРОВСКИЙ, С. М. ШАПИРО, Н. Я. ЯКУПОВА

Район мелкосопочной равнины, занимающий значительную часть территории Кокчетавской, Павлодарской, Целиноградской и Карагандинской областей, охватывает обширные слабоволнистые, слаборасчлененные равнины Центрального Казахстана с абсолютными отметками порядка 200—300 *м*. На фоне равнин здесь отдельными участками выступают невысокие возвышенности — мелкие сопки с относительным превышением над равниной до 25—50 *м*. Мелкосопочная равнина, прослеживающаяся с севера на юг до 900 *км*, а с востока на запад — более 800 *км*, характеризуется довольно разнообразными природными условиями.

Климат равнины резко континентальный, засушливый. Внутриматериковое положение, малая повторяемость циклонов, отсутствие гор являются причинами малой увлажненности рассматриваемой территории. Среднегодовое количество атмосферных осадков на равнине колеблется от 300 до 100 *мм*. В северной степной зоне оно достигает 300—280 *мм* в год. К югу от степной зоны количество осадков постепенно уменьшается. В пределах от 51 до 48° северной широты количество осадков варьирует от 280 до 200 *мм* в год, а от 48 до 46° — от 200 до 100 *мм* в год. Примерно третья часть атмосферных осадков выпадает в зимнее время. В результате сильных ветров большая часть их концентрируется в пониженных участках, в лесных массивах и во время весеннего

снеготаяния, активно участвуя в пополнении запасов подземных вод района. Малое количество атмосферных осадков, наличие хрящеватых почв, способствующих их инфильтрации, в целом не благоприятствуют образованию в районе поверхностных водотоков. Поэтому большинство рек здесь носит временный характер. Более значительные водотоки с постоянным течением, такие, как Ишим (средний многолетний расход 6,38 *м*³/*сек*), Нура (среднегодовой многолетний расход 14,8 *м*³/*сек*), Шерубай-Нура (средний многолетний расход 5,06 *м*³/*сек*), Терсаккан (средний многолетний расход 10,5 *м*³/*сек*), среднее течение Сарысу (средний многолетний расход 7,2 *м*³/*сек*), Атасу (средний многолетний расход 0,7 *м*³/*сек*), формируются, как правило, в горных районах, за пределами мелкосопочной равнины. До 80—90% годового стока по рекам проходит в течение 20—40 весенних дней. Большая часть весеннего стока уходит на фильтрацию. Так, например, воды рек Северного Прибалхашья целиком поглощаются рыхлыми аллювиальными отложениями. В северной и центральной частях района имеется значительное число озер и озерных водоемов, весной заполняющихся водой. Поверхностные воды равнины в период весеннего половодья играют большую роль в питании грунтовых вод аллювиальных отложений. Нередко до 30—50%, иногда и 80% паводкового расхода просачивается в водоносные горизонты.

Рассматриваемый район, как и предыдущие районы низкогорного и возвышенного мелкосопочника, представлен разнообразным комплексом трещиноватых скальных палеозойских пород, слагающих преимущественно открытые и нередко промытые структуры. Но в отличие от низкогорных районов Центрального Казахстана они здесь большей частью покрыты чехлом песчано-глинистых отложений коры выветривания, делювиально-пролювиальными четвертичными, а на отдельных участках и третичными образованиями. Особенно значительное развитие покровные отложения получили в северной степной зоне района, где мощность их местами достигает 20—30 *м*, иногда и более.

В центральной и южной зонах района покровные отложения имеют, по-видимому, значительно меньшее развитие.

Как показали исследования (К. А. Абдулахатов, У. М. Ахмедсафин, В. А. Бочкарева, В. Я. Гринев, И. К. Зайцев, С. К. Калугин, А. А. Козырев, А. Ф. Калмыков, С. М. Мухамеджанов, Б. К. Терлецкий, Р. П. Теуш, Л. Я. Тененбаум, П. М. Фролов, С. М. Шапиро, И. С. Яговкин, Н. Я. Якупова и др.), наиболее широкое распространение в районе получили подземные воды трещинного типа и тесно связанные с ними (часто образующие единый горизонт) грунтовые воды порового типа. Менее развиты высокопроизводительные трещинно-карстовые воды (рис. 28) и высокопроизводительные поровые воды долины рек. Наличие покровных отложений, нередко закрывающих трещины и пустоты, засушливый климат затрудняют формирование подземных вод района и препятствуют активному водообмену в водоносных горизонтах. Здесь чаще всего происходит спорадическое питание подземных вод на наиболее благоприятных участках (в местах обнажения скальных коренных пород, в понижениях, сложенных песчаными отложениями) за счет концентрированных зимне-весенних атмосферных осадков и отчасти паводковых вод.

Немаловажное значение в питании имеет подземный сток из смежных районов низкогорного и возвышенного мелкосопочника, поступающий сюда по тектоническим разломам и наиболее трещиноватой зоне коренных пород. Особенно велико их значение в формировании субартезианских бассейнов, связанных с девоно-карбоновыми мульдами. Разгрузка подземных вод происходит через многочисленные, в основ-

ном пресные, источники у подножия сопок, по тектоническим разломам, долинам, логам и озерным впадинам.

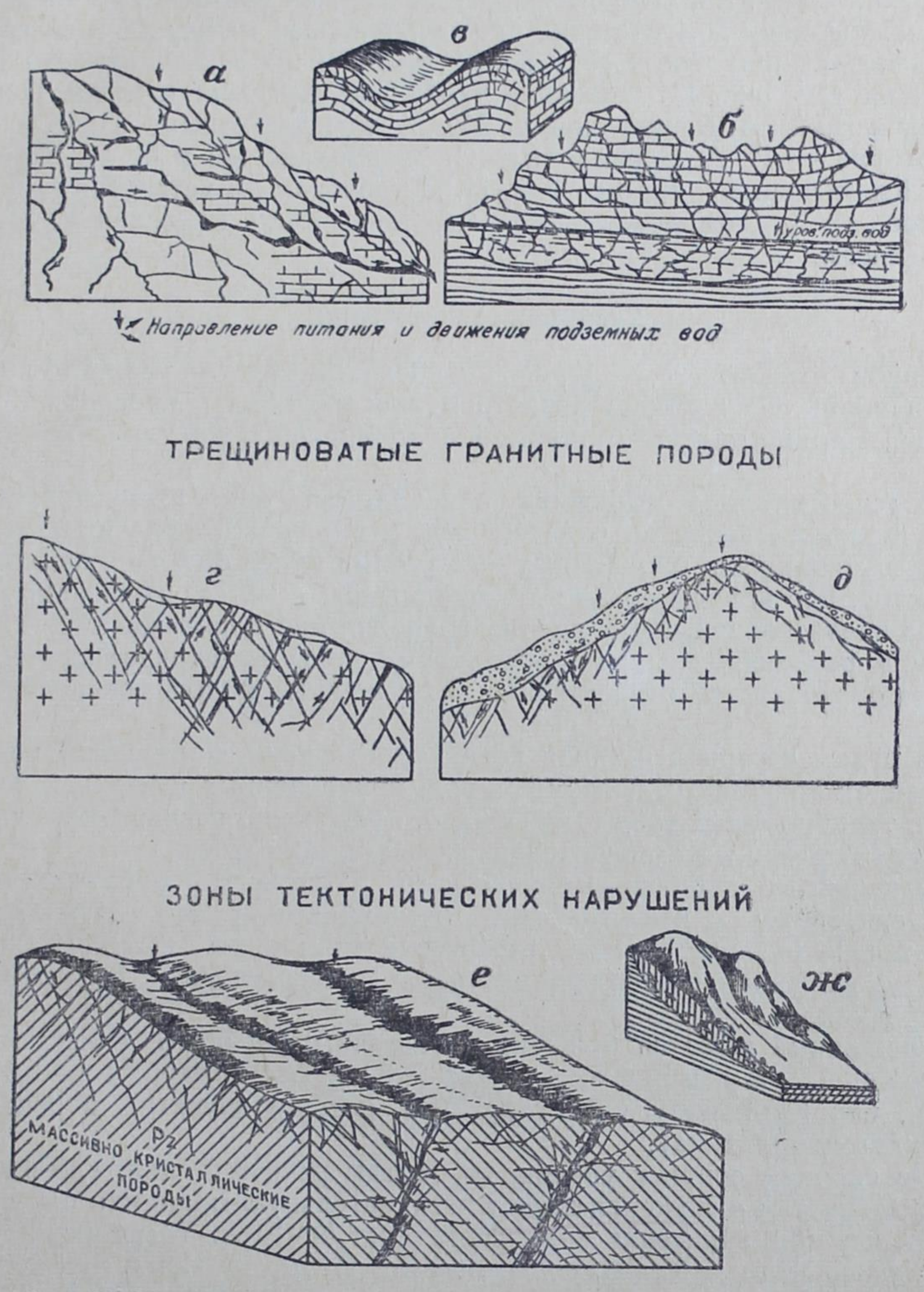


Рис. 28. Коллекторы трещинных подземных вод Центрального Казахстана.

Подземные воды района, связанные со слабоперекрытыми геологическими структурами и большей частью имеющие циркуляционный режим, отличаются в основном слабой и умеренной минерализациями.

В целом в распределении, формировании и залегании подземных вод мелкосопочной равнины Центрального Казахстана имеется много общего, но вместе с тем в зависимости от климатических, гидрологиче-

ских и геолого-геоморфологических условий в различных частях обширного гидрогеологического района условия и глубина залегания, химизм, интенсивность питания подземных вод будут несколько отличными.

В связи с этим здесь представляется возможным выделить северную степную зону района, проходящую несколько южнее 51 параллели, зону сухих степей и полупустынь, спускающуюся примерно до 48° северной широты, зону полупустынь, простирающуюся между 48 и 46 градусами северной широты, и зону полупустынь и пустынь Северного Прибалхашья (см. рис. 1). Описание указанных зон дается ниже. Первая зона описана В. А. Бочкаревой, С. М. Мухамеджановым, Н. Я. Якуповой, вторая — И. А. Баркаловым, С. Жапархановым и С. М. Шапиро, А. Ф. Калмыковым, третья — В. Н. Островским и четвертая — С. М. Шапиро, М. Х. Джабасовым. Вступительная часть написана У. М. Ахмедсафиным.

Северная степная зона

Район охватывает обширные слабоволнистые и увалисто-холмистые равнины с участками низкого мелкосопочника в пределах Кокчетавской, Целиноградской, отчасти Павлодарской и Кустанайской областей.

В геологическом отношении описываемая зона представляет область широкого развития палеозойских и нижнепалеозойских эффузивно-осадочных пород, прорванных интрузиями каледонского и варисского возрастов. Все породы сильно дислоцированы и метаморфизованы, причем на значительной части распространения они перекрываются глинистыми и рыхлообломочными продуктами коры выветривания, чем зачастую определяется относительно затрудненный водообмен подземных вод.

В целом северная степная зона характеризуется широким распространением трещинных подземных вод, приуроченных к верхней, выветрелой, трещиноватой зоне гранитоидов, эффузивов, песчаников, сланцев и других глубоко метаморфизованных пород палеозоя.

Отдельными небольшими участками развиты трещинно-карстовые воды, связанные с известняками, песчаниками, редко аргиллитами. Значительно распространены покровные воды коры выветривания и, наконец, делювиально-пролювиальных и аллювиальных четвертичных образований.

Трещинные воды на больших площадях чаще всего залегают на глубине 10—30 *м* и в редких случаях — 50 *м* (например, на таких площадях, как Калмыккульская структура, которая сложена в основном песчаниками ордовика).

По склонам сопок и увалов, по бортам речных долин, где покровные суглинистые отложения имеют незначительную мощность или отсутствуют, глубина залегания воды составляет 5—10 *м*. Трещинные воды обладают слабым напором, редко превышающим 10—20 *м* над кровлей коренных пород. Только в отдельных случаях величина напора достигает 25—40 *м*.

Трещинные воды относятся преимущественно к пресным и слабосолоноватым, с сухим остатком до 3 *г/л*, только в местах затрудненного водообмена, как, например, в нижней части р. Терсаккан и в некоторых других местах, прилегающих к Прииртышской равнине, встречаются воды с повышенной минерализацией, с плотным остатком от 3 до 10 *г/л*. По составу воды пресные и слабосолоноватые, преимущественно гидрокарбонатно-натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные.

Для характеристики химического состава трещинных вод приво-

дятся анализы по скважине № 155 (совхоз Баранкульский), скважине № 15 (совхоз Кировский) и скважине № 54 (совхоз «Победа»):

$$M_{(0,86-1,9-2,1)}\frac{Cl^{24,85}_{0,263}\,S^{13,08}_{0,187}\,C^{12,07}_{0,219}-Cl^{28,16}_{0,715}\,S^{14,16}_{1,487}\,C^{7,68}_{0,355}-}{Na^{29,9}_{0,205}\,Ca^{11,67}_{0,069}\,Mg^{8,24}_{0,030}-Na^{29,65}_{0,488}\,Mg^{11,01}_{0,096}\,Ca^{9,34}_{0,133}-}$$

$$\frac{-Cl^{31,7}_{0,732}\,S^{12,5}_{0,404}\,C^{5,8}_{0,244}}{-Na^{31,87}_{0,504}\,Ca^{10,7}_{0,147}\,Mg^{7,4}_{0,062}}.$$

Производительность водоносных комплексов в колодцах и скважинах колеблется от 8,6 до 43 *м³/сутки* (0,5—1 *л/сек*).

Среди трещинных пород повышенной водообильностью отличаются гранитоиды, слагающие такие массивы, как Боровский, Аркалыкский, Большой Койтас, Шантимесский и многие другие. Большое значение в формировании и дренаже подземных вод имеет сильная расчлененность таких площадей. Многочисленные лога и лощины являются местом выклинивания множества родников, дебиты которых не превышают единиц кубических метров в сутки (от сотых до десятых долей литра в секунду). Встречаются родники с расходами, достигающими 86—172 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*). Обычно они выходят в основании склонов сопок или же в верхних частях логов и приурочены к дресве гранитов.

Высокой производительностью отличаются водопункты, приуроченные к зонам тектонических нарушений и зонам контакта различных литологических разностей пород. На таких участках, отмечаемых в ряде мест Бощекульского месторождения, к северо-востоку от Ерементауских гор, в пределах гранитного массива Большой Койтас и других, дебиты скважин и источников достигают 430—860 *м³/сутки* (5—10 *л/сек*).

Указанные гранитоиды содержат значительные запасы подземных вод. Многолетние запасы их на площади около 3000 *км²* составляют 0,75 млрд. *м³* (для расчета взято $^2/_3$ части от всей площади, мощность водоносного горизонта 25 *м* и коэффициент водоотдачи 0,015), или 0,25 млн. *м³* на 1 *км²*. Если из указанных запасов использовать 50% в течение 50 лет, эксплуатационные запасы составят около 0,23 *м³/сек*, а при нормальной эксплуатации —0,46 *м³/сек*. Расходный модуль при этом будет равен 0,07 *л/сек*, а при нормальной эксплуатации с перерывами— 0,14 *л/сек* с 1 *км²*.

Трещиные воды могут быть широко использованы для питьевого и технического водоснабжения, особенно для удовлетворения нужд сельскохозяйственных объектов.

Водозабор может осуществляться с помощью скважин глубиной до 50—60 *м*. Широко следует практиковать каптаж постоянно действующих высокодебитных источников.

Значительная часть территории района занята девоно-карбоновыми известняково-песчаниковыми водоносными мульдами. К ним относятся Жолбулдинская, Конурская, Коксенгирская, Акмолинская, Тамсорская, Богембайская, Тениз-Коржункульская, Экибастузская, Бейетская, Павлодарская, Владимировская, Жаныбайская и многие другие мелкие безымянные, расположенные в различных местах зоны.

В 1954 и 1957—1958 годах многие из них были выделены и охарактеризованы работниками ИГН им. акад. К. И. Сатпаева, Госгеолкомитета СССР, Государственного производственного геологического комитета КазССР.

За последнее время (1956—1958 гг.) гидрогеологические условия ряда структур изучены в достаточной степени подробно с проведением подсчета запасов (Жолбулдинская, Акмолинская) экспедициями Все-

союзного гидрогеологического треста и другими организациями (Фролов, 1959). Ниже приводится характеристика наиболее крупных девонокарбоновых структур.

Жолбулдинская и Конурская мульды расположены на юге зоны. Вся центральная часть мульд сложена толщей трещиноватых песчаников и алевролитов с маломощными прослоями аргиллитов, сланцев, известняков и конгломератов (средний и верхний карбон). Только в северной части мульд отмечается узкая полоса известняков турнейского яруса. Глубина залегания водоносного горизонта изменяется в пределах от 10—30 до 50 *м*.

Откачки, проведенные из многочисленных скважин (рис. 29), показали, что максимальные дебиты их колеблются от 86—172 до 1548—1720 *м*³/*сутки* (от 1—2 до 18—20 *л/сек*).

Минерализация вод меняется от 0,5 до 2,5 и реже до 3—4 *г/л*. По составу они относятся к хлоридно-натриевым и гидрокарбонатно-кальциевым.

Рис. 29. Озеро, образовавшееся на месте откачки из скважины Яблоновской мульды.

Химический состав вод кварцевых песчаников среднего карбона по скважине № 783 (Конурская мульда) и скважине № 1297 (Жолбулдинская мульда) следующий:

$$M_{(0,6-1,5)}\frac{Cl^{27,5}_{0,268}\,C^{18,5}_{0,230}\,S^{4}_{0,02}-Cl^{32}_{0,586}\,C^{9}_{0,293}\,S^{9}_{0,230}}{Na^{29,5}_{0,186}\,Mg^{13}_{0,024}\,Ca^{7,5}_{0,037}-Na^{26,5}_{0,324}\,Ca^{12,5}_{0,129}\,Mg^{11}_{0,07}}.$$

Химический состав вод турнейских известняков (Конурская мульда) можно выразить такой формулой:

$$M_{0,8}\frac{C^{40}_{0,244}\,Cl^{6,5}_{0,023}\,S^{3,5}_{0,016}}{Ca^{19,5}_{0,039}\,Na^{18,5}_{0,042}\,Mg^{12}_{0,015}}.$$

Общая площадь Жолбулдинской и Конурской мульд составляет 7000 *км*², из них площадь распространения подземных вод с минерализацией до 3 *г/л* равна 1900 *км*², а с минерализацией от 1 до 3 *г/л* — 5100 *км*². Коэффициент водоотдачи пород, рассчитанный по данным опытных работ, принимается равным 0,027; средняя мощность водоносного горизонта 80 *м*. Принимая эти данные в расчет, прогнозные многолетние запасы трещинных вод мульды с минерализацией до 3 *г/л* составят 2 млрд. *м*³, с минерализацией 1—3 *г/л* — около 5,5 млрд. *м*³ (в связи с тем, что есть слабообводненные участки, в расчет принята половина площади распространения).

Таким образом, общее количество прогнозных запасов трещинных вод Жолбулдинско-Конурской структуры составляет 7,5 млрд. $м^3$, или 1,07 млн. $м^3$ на 1 $км^2$.

Разведанная часть запасов по категориям $B+C_1$ равна 0,1 $м^3/сек$, по категории C_2 — 0,5 $м^3/сек$.

Коксенгирская мульда сложена известняками мощностью 70—180 *м*. Глубина распространения зоны активной трещиноватости и закарстованности составляет около 100 *м*. В вертикальном разрезе водоносного горизонта (Самсонов и Чижиков, 1961) наблюдается некоторая закономерность в залегании и минерализации трещинно-карстовых вод, а именно: воды с минерализацией до 1 *г/л* залегают в интервале до 50 *м*, с минерализацией от 1 до 3 — на глубине от 50 до 100 *м*, ниже залегают соленые и солоноватые воды. Тип минерализации гидрокарбонатно-хлоридно-магниевый и хлоридно-кальциевый.

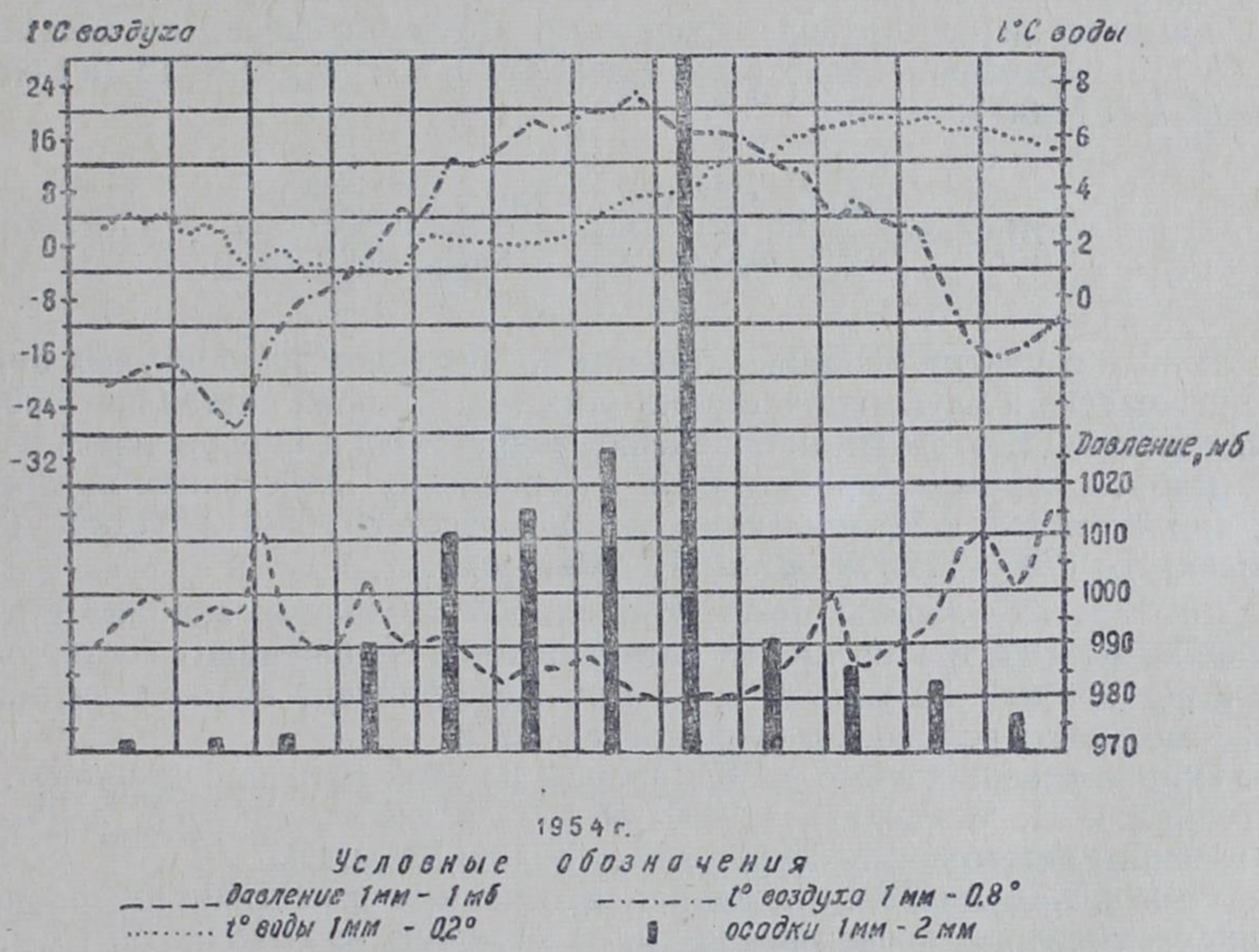


Рис. 30. Совмещенный график колебания температуры воды (Коксенгирская мульда) родника у совхоза «Краснофлотского» и основных метеорологических элементов (по Г. А. Рейсгофу).

Для характеристики химического состава вод турнейских известняков приводятся анализы по роднику № 190 (у совхоза «Краснофлотского») и роднику № 266 (западная окраина Коксенгирской мульды):

$$M_{(0,5-1,1)}\frac{C^{19}_{0,183}\,Cl^{17,5}_{0,099}\,S^{13,5}_{0,103} - Cl^{26}_{0,330}\,S^{15,5}_{0,272}\,C^{8,5}_{0,183}}{Mg^{22}_{0,043}\,Ca^{18,2}_{0,058}\,Na^{9,8}_{0,035} - Ca^{22,5}_{0,160}\,Na^{18,5}_{0,155}\,Mg^{9}_{0,039}}.$$

Дебиты скважин варьируют от 43—86 $м^3/сутки$ (0,5—1 *л/сек*) до 2580 $м^3/сутки$ (30 *л/сек*).

В целях оценки общих прогнозных запасов трещинно-карстовых вод мульды приведем некоторые расчеты.

Площадь распространения пресных вод с минерализацией до 1 *г/л* составляет 700 $км^2$. Коэффициент водоотдачи равен 0,033, средняя

мощность водоносного горизонта —50 *м*. В этом случае многолетние запасы выразятся цифрой 0,58 млрд. $м^3$ (из расчета $^1/_2$ площади), или 0,8 млн. $м^3$ на 1 $км^2$.

Площадь распространения слабосолоноватых вод с минерализацией 1—3 *г/л* равна 560 $км^2$. При коэффициенте водоотдачи 0,027 и средней мощности водоносного горизонта 80 *м* многолетние запасы выразятся цифрой 0,60 млрд. $м^3$ (из расчета $^1/_2$ площади), или 1,1 млн. $м^3$ на 1 $км^2$.

Площадь распространения соленых вод с минерализацией от 3 до 10 *г/л* составляет 220 $км^2$. При коэффициенте водоотдачи 0,027 и средней мощности водоносного горизонта 80 *м* многолетние запасы будут равны 0,24 млрд. $м^3$, или около 1,1 млн. $м^3$ на 1 $км^2$.

Акмолинская структура в основном сложена известняками турнейского яруса. Наибольший практический интерес представляет периферийная часть структуры, где воды хорошего качества залегают на глубинах от 5 до 25 *м*. Минерализация их не превышает 1,5 *г/л*.

Химический состав вод турнейского яруса определен по скважине № 19 (1-ое отделение совхоза им. КазЦИКа) и колодцу № 13 (в центре колхоза «1 Мая»):

$$M_{(1,5-0,6)}\frac{Cl^{30}_{0,600}\,S^{12,2}_{0,327}\,C^{7,8}_{0,268}-Cl^{21}_{0,159}\,C^{19}_{0,250}\,S^{10}_{0,101}}{Na^{27,8}_{0,358}\,Mg^{12,2}_{0,083}\,Ca^{10}_{0,011}-Na^{34}_{0,168}\,Mg^{8,8}_{0,03}\,Ca^{7,2}_{0,03}}.$$

Ближе к центру впадины с общим погружением карбонатных пород увеличивается и глубина залегания этих вод, которая составляет 400 и более метров. В этом же направлении возрастают и напоры вод.

Дебиты скважин, пробуренных в турнейских известняках на участке, прилегающем к Целинограду, достигают от 86—430 $м^3$/*сутки* (1—5 *л/сек*) до 1290—1720 $м^3$/*сутки* (15—20 *л/сек*).

Многолетние запасы пресных и слабосолоноватых вод на общей площади мульды в 1125 $км^2$ (в расчет берется $^1/_2$ площади) составляют 1,5 млрд. $м^3$, или 1,2 млн. $м^3$ на 1 $км^2$. Коэффициент водоотдачи равен 0,033, мощность водоносного горизонта —80 *м*.

Общие утвержденные в ГКЗ запасы по этой мульде составляют, по материалам Н. Матвейчук (1960), 58 150 $м^3$/*сутки*, или 672 *л/сек*, а по высоким категориям —24 580 $м^3$/*сутки*, или 284 *л/сек*.

Тамсорская мульда, сложенная в основном известняками нижнего карбона, содержит подземные воды, залегающие на глубине до 15 *м*, с минерализацией от 0,35 до 1,4 *г/л*.

Для характеристики химического состава вод известняков карбона ниже приведен анализ воды по скважине № 10 (17 *км* на ССЗ от пос. Бестобе), скважине № 9 (14 *км* на СЗ от пос. Бестобе) и скважине № 25 (в 8 *км* на ЮЗ от Бестобе):

$$M_{(1,078-0,79-0,49)}\frac{Cl^{34}_{0,449}\,S^{10}_{0,183}\,C^{6}_{0,134}-C^{20}_{0,342}\,Cl^{26}_{0,261}\,S^{4}_{0,058}-}{Na^{32,5}_{0,280}\,Mg^{10,5}_{0,047}\,Ca^{7}_{0,052}-Na^{40}_{0,259}\,Mg^{7,5}_{0,027}\,Ca^{2,5}_{0,015}-}$$

$$\frac{-Cl^{24,5}_{0,155}\,C^{16}_{0,171}\,S^{9,5}_{0,079}}{-Na^{28}_{0,144}\,Mg^{12}_{0,025}\,Ca^{10}_{0,035}}.$$

Разведочно-эксплуатационные скважины показывают дебиты 860—1290 $м^3$/*сутки* (10—15 *л/сек*) при понижении уровня на 3—4 *м*, а расходы источников Жаман-Шал, Безымянный и других колеблются от 25 до 43 $м^3$/*сутки* (0,3—0,5 *л/сек*).

Общая площадь мульды составляет 787 *км*². При мощности водоносного горизонта 60 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,027 вековые статические запасы на 1/2 площади составят 0,6 млрд. *м*³, или 0,8 млн. *м*³ на 1 *км*².

Богембайская мульда, сложенная исключительно известняками нижнего карбона, содержит подземные воды с сухим остатком 1,2—1,3 *г/л*.

Эксплуатируемые в течение ряда лет пять скважин дают 2150—2580 *м*³/*сутки* (25—30 *л/сек*). В Богембайской структуре площадью в 207 *км*² при коэффициенте водоотдачи 0,033 и средней мощности водоносного горизонта 100 *м* вековые запасы на 1/2 площади составляют 0,34 млрд. *м*³, или 1,6 млн. *м*³ на 1 *км*².

Запасы описанных выше карбоновых структур приведены в таблице 3.

Таблица 3

Структуры	Минерализация, *г/л*	Общая площадь, *км*²	Мощность водоносного горизон., *м*	Коэффициент водоотдачи	Многолетние ресурсы, млрд *м*³	Эксплуатационные запасы, *м*³/*сек*		Расходный модуль, *л сек* с 1 *км*²	
						при 50% использовании в течение 50 лет	при нормальной эксплуат. (с расч. сезонного использ.)	при непрерывн. экспл.	при нормальной экспл.
Жолбулдинская	1,3	7000	80	0,027	7,50	2,40	4,80	0,3	0,6
Конурская	До 1,0	700	50	0,033	0,58	0,18	0,36	0,2	0,4
Коксенгирская	1,0—3,0	560	80	0,027	0,80	0,20	0,40	0,3	0,6
Акмолинская	До 1,5	1125	80	0,033	1,50	0,45	0,90	0,4	0,8
Тамсорская	0,3—1,4	787	60	0,027	0,60	0,20	0,40	0,2	0,4
Богембайская	1—1,5	207	100	0,033	0,34	0,10	0,20	0,5	1,0
Итого		10379			11,32	3,53	7,06		

Во всех структурах заключено около 11 млрд. *м*³ пресных и слабосолоноватых вод.

Если из указанных запасов использовать 50% в течение 50 лет, то эксплуатационные запасы составят около 3,5 *м*³/*сек* (при нормальной эксплуатации —7 *м*³/*сек*). Расходные модули при этом соответственно будут равны 0,3 (0,6) *л/сек* с 1 *км*². Ежегодно восполняемые запасы за счет атмосферных осадков (5%) только в пределах контуров развития известняков составят 1,3 *м*³/*сек*. В сумме многолетние и ежегодно восполняемые запасы выразятся цифрой приблизительно 4,8 *м*³/*сек*. Расходный модуль при этом будет равен 0,4 *л/сек* с 1 *км*².

Довольно широко распространены в пределах зоны поровые воды, связанные с рыхлообломочными четвертичными отложениями и корой выветривания.

Хорошими коллекторами поровых вод являются современные крупные речные долины рек Ишима и Терсаккан.

Воды аллювия р. Ишима приурочены в основном к разнозернистым и гравелистым пескам, залегающим на глубинах от 3 до 10—15 *м*. В разрезе аллювия в нижней части долины (от Атбасара до Есиля) появляются более мелкозернистые пески с суглинистыми прослоями. С изменением литологического состава меняются и водовмещающие свойства аллювия. Коэффициент фильтрации для верхней части равен 80 *м/сутки*, для средней и нижней —35—40 *м/сутки*.

Средняя величина водоотдачи колеблется от 0,16 до 0,12.

Воды аллювия образуют поток шириной от 3—5 *км* в верховьях до 10—30 *км* в нижней части. Уклон зеркала грунтовых вод 0,0016.

По качеству воды характеризуются некоторой пестротой, встречаются как пресные, так и соленые, но преобладающими являются пресные и слабосолоноватые с плотным остатком, не превышающим 3 *г/л*. Тип минерализации хлоридно-гидрокарбонатный и хлоридно-сульфатный.

Ниже приводится химический состав аллювиальных вод долины р. Ишима по колодцу № 153 (пос. Первомайский) и колодцу № 148 (северо-западнее пос. Максимовка):

$$M_{(1,2-2,5)} \frac{Cl^{18,8}_{0,300}\, C^{16,2}_{0,439}\, S^{15}_{0,320} - Cl^{19,8}_{0,592}\, S^{17,4}_{0,700}\, C^{12,8}_{0,658}}{Na^{18,6}_{0,190}\, Ca^{16,9}_{0,151}\, Mg^{14,5}_{0,079} - Na^{23}_{0,454}\, Mg^{13,7}_{0,140}\, Ca^{12,8}_{0,216}}.$$

Дебиты отдельных колодцев и скважин из аллювия колеблются от 8,6 до 259 *м³/сутки* (0,1—3 *л/сек*) при понижении от 1 до 5 *м*. На отдельных участках долины р. Ишима (вблизи г. Целинограда) дебиты достигают 432—1125 *м³/сутки* (5—13 *л/сек*).

Аллювиальные отложения долины р. Ишима заключают значительное количество пресных и слабосолоноватых вод. Так, например, общие многолетние запасы в верхней части долины р. Ишима в пределах зоны (до г. Целинограда) равны 4,7 млрд. *м³*, или 1,6 млн. *м³* на 1 *км²* (площадь 2920 *км²*, средняя мощность водоносного горизонта 10 *м*, коэффициент водоотдачи 0,16).

На отрезке от Атбасара до Есиля, в долине р. Ишима, площадью 3150 *км²* содержится до 1,5 млрд. *м³*, или 0,48 млн. *м³* на 1 *км²* (мощность водоносного горизонта 4 *м*, коэффициент водоотдачи 0,12), пресных и слабосолоноватых вод.

Таким образом, только в пределах описываемой зоны, по долине р. Ишима, прогнозные многолетние запасы составляют около 6,2 млрд. *м³*, или 1,0 млн. *м³* на 1 *км²*.

Эксплуатационные запасы при 50% сработки общих и 50-летней непрерывной эксплуатации составят 2 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации с перерывами — 4 *м³/сек*). Расходный модуль при этом будет равен 0,3 *л/сек*, а при нормальной эксплуатации с перерывами —0,6 *л/сек* с 1 *км²*.

Восполнение запасов за счет инфильтрации атмосферных осадков в пределах расчетной площади долины выразится цифрой 0,75 *м³/сек* (в расчет принимается 5% от общего количества осадков), а за счет потерь годового стока р. Ишима (главным образом паводкового) — всего 2 *м³/сек* (Беркалиев, 1959). В целом восполняемые запасы составят 2,7 *м³/сек*.

При учете восполняемых запасов общие эксплуатационные запасы выразятся цифрой 4,7 *м³/сек*, а при нормальной эксплуатации с перерывами запасы возрастут до 9,4 *м³/сек*.

Грунтовые воды долины р. Ишима широко могут быть использованы для питьевого, технического и сельскохозяйственного водоснабжения с помощью шахтных колодцев, глубиной до 5—10 *м*, и скважин, глубиной 15—25 *м*.

Грунтовые воды низовья р. Терсаккан приурочены к песчано-гравийно-галечниковым отложениям мощностью до 10 *м*. Глубина залегания их в среднем до 5 *м* от поверхности земли, а ширина грунтового потока — 5—10 *км*. Воды в основном слабосолоноватые, с минерализацией 1—3 *г/л*, по составу они гидрокарбонатно-сульфатные. Дебиты отдельных скважин колеблются в пределах 430—930 *м³/сутки*, или 5—12 *л/сек*.

Общие многолетние запасы в пределах нижней части долины на площади около 900 *км*² составляют 0,07 млрд. *м*³, или 0,08 млн. *м*³ на 1 *км*² (при мощности 8 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,01).

Эксплуатационные запасы при сработке только 50% их в течение 50 лет будут равны 0,02 *м*³/*сек*. При учете восполняемых запасов за счет потерь паводкового расхода рек, равного примерно 0,3 *м*³/*сек*, эксплуатационные расходы составят 0,32 *м*³/*сек*. При нормальной эксплуатации они возрастут до 0,64 *м*³/*сек*, а расходные модули — соответственно до 0,3—0,6 *л*/*сек* с 1 *км*².

Воды долины легко доступны и широко могут быть использованы как для питьевых, так и хозяйственных целей. Эксплуатируются они обычно шахтными и трубчатыми колодцами глубиной до 10 *м*.

Поровые воды глинисто-песчано-щебенистых отложений коры выветривания распространены незначительно (севернее г. Кокчетава). Водовмещающими породами являются песчано-щебенистые прослои в толще глин коры выветривания, развитых на породах палеозоя. Мощность обводненной части коры выветривания достигает 3—5 *м*. Грунтовые воды вскрываются на различных интервалах глубин. На участках, прилегающих к подножиям сопок, глубина залегания их обычно изменяется от 5 до 5—10 *м*. Здесь они залегают в гравелисто-песчаных и щебенисто-песчано-глинистых породах, по качеству — пресные. На равнинных участках, особенно на замкнутых депрессиях, грунтовые воды залегают на глубине 10—30 *м* и приурочены к песчано-глинистым породам. Воды имеют повышенную, а иногда пеструю минерализацию (Ахмедсафин, Сыдыков, 1960). Дебиты колодцев обычно не превышают 8—9 *м*³/*сек* (0,1 *л*/*сек*). Воды данного комплекса используются для водоснабжения небольших населенных пунктов.

* * *

Общие прогнозно-эксплуатационные запасы грунтовых вод в пределах Северной степной зоны, определенные для площади около 20 350 *км*², составляют 10 *м*³/*сек* с учетом непрерывного использования 50% их в течение 50 лет. Расходный модуль при этом равен 0,5 *л*/*сек* с 1 *км*². При нормальной эксплуатации (только в дневные часы и в определенные сезоны года) запасы выразятся цифрой в 20 *м*³/*сек*, а расходный модуль соответственно будет 1 *л*/*сек* с 1 *км*².

Зона сухих степей и полупустынь

Эта зона сложена различными как по составу, так и по возрасту породами. Большую площадь занимают породы верхнего протерозоя и палеозоя, представленные песчаниками, эффузивами, туфами, лавами, известняками и различными метаморфическими сланцами. На многих участках, главным образом на юго-западе зоны, эти породы прорваны интрузиями разного возраста. На незначительных площадях здесь развиты рыхлообломочные песчано-галечниковые и суглинистые образования древних и современных долин.

Подземные воды развиты во всех комплексах пород и в зависимости от физико-географических и геологических условий они характеризуются различными глубинами залегания, производительностью и минерализацией. Наиболее широко развиты подземные воды трещинного типа, приуроченные к верхней трещиноватой зоне гранитоидов и метаморфических пород (граниты, мраморы, сланцы, эффузивы и т. д.), а также к осадочно-эффузивному комплексу (туфопесчаники, песчаники, алевроли-

ты, сланцы). Мощность активной трещиноватой зоны пород колеблется от 25 *м* для осадочно-эффузивных пород до 50 *м* для интрузий. Глубина залегания подземных вод зависит от рельефа местности и обычно не превышает 15 *м*, реже 20 *м*.

Наиболее водообильными породами являются граниты, которые разбиты трещинами выветривания, прослеживаемыми до глубины 50 *м*. Кроме того, здесь отмечаются локальные и региональные тектонические разломы (например, Успенский), являющиеся надежными коллекторами и подводящими путями подземных вод.

В соответствии с этим в пределах контуров гранитных массивов отмечается наиболее густая сеть источников с дебитом от 10 до 100 $м^3$/*сутки* (до 1—1,2 *л/сек*).

Скважины, пройденные в гранитах на юге зоны, дали самоизлив с расходом до 180 $м^3$/*сутки* (2 *л/сек*). Минерализация вод гранитов во всех случаях не превышает 1 *г/л*. Тип вод гидрокарбонатно-кальциевый и гидрокарбонатно-натриевый.

Многолетние прогнозные запасы подземных вод гранитных массивов составляют около 2 млрд. $м^3$ (мощность водоносного горизонта 25 *м*, коэффициент водоотдачи 0,015, для расчета принято $^2/_3$ площади, равной 5200 $км^2$), что составляет около 250 тыс. $м^3$ на 1 $км^2$.

Эксплуатационные запасы подземных вод, исходя из расчета 50% сработки многолетних и непрерывной 50-летней эксплуатации, равны 0,64 $м^3$/*сек* (при нормальном извлечении с перерывами — 1,28 $м^3$/*сек*). Расходный модуль — 0,08 *л/сек* с 1 $км^2$.

Менее водообильными в рассматриваемой зоне являются трещинные воды осадочно-эффузивных пород, широко распространенных в пределах территории. Расходы источников и колодцев (рис. 31) чаще всего колеблются в пределах от 10 до 40 $м^3$/*сутки*, реже — до 86 $м^3$/*сутки* (до 1 *л/сек*).

Рис. 31. Родник из эффузивов девона в верховьях долины р. Шолчий.

Минерализация вод осадочно-эффузивного комплекса пород на большей части територии не превышает 1 *г/л*, на участках, тяготеющих к южной окраине Тениз-Кургальджинской впадины, где отмечается ши-

рокое развитие соленосных отложений третичного возраста, она возрастает до 2—3 *г/л* и более.

Формула характерного химического состава вод родников в районе Атасу следующая:

$$M_{1,0}\ \frac{S^{33}_{0,52}\ C^{9}_{0,18}\ Cl^{8}_{0,094}}{Na^{32}_{0,1}\ Ca^{12}_{0,088}\ Mg^{6}_{0,024}}\ .$$

В этом же направлении отмечается изменение и типа минерализации вод: от сульфатно-натриевого к хлоридно-натриевому. Воды этого комплекса, равно как и гранитных массивов, в настоящее время используются для нужд сельского хозяйства и для водоснабжения мелких промышленных объектов. Эксплуатацию этих вод можно осуществлять шахтными колодцами и скважинами глубиной от 5 до 50 *м*.

Подземные воды трещинно-карстового типа приурочены к сильнотрещиноватым и закарстованным известнякам фаменского яруса девона и нижнего карбона. Известняки развиты главным образом в восточной части описываемой зоны (см. рис. 2), где ими слагаются сводовые части вытянутых в юго-восточном направлении палеозойских брахиантиклинальных структур, а также они обрамляют Карагандинскую, Михайловскую и Сокурскую мульды и отдельные, обычно мелкие, структуры западнее Карагандинского угольного бассейна (см. рис. 10). Наилучшей обводненностью отличаются восточные структуры (Малийская, Жиладырская, Шубаркульская, Алгабасская). Наибольшие глубины залегания (до 30 *м*) приурочиваются к сводовым участкам, а наименьшие — к их крыльям, где нередко происходит выклинивание подземных вод в виде крупных восходящих источников с дебитами до 1800 *м³/сутки*, или 20 *л/сек* (Баркалов, Олексенко, 1958). В Карагандинском бассейне скважины, заложенные в карбоновых известняках, дали расходы порядка 430—2600 *м³/сутки*, или 5—30 *л/сек*.

Минерализация воды в общем не превышает 3 *г/л*. На востоке зоны она колеблется от 0,6 до 3 *г/л*, на западе — от 1 до 3 *г/л*. При этом устанавливается довольно четкая закономерность в увеличении минерализации с глубиной. На глубине более 100 *м* обычный для известняков гидрокарбонатно-кальциевый тип минерализации переходит в сульфатно-натриевый. Химические анализы по скважинам восточной части Улутауского района и Карагандинского бассейна показали следующий состав воды:

$$M_{(0,89-2,6)}\ \frac{S^{23}_{0,28}\ Cl^{12}_{0,11}\ C^{15}_{0,24} - Cl^{32}_{0,9}\ S^{14}_{0,59}\ C^{4}_{0,25}}{Na^{29}_{0,17}\ Ca^{12}_{0,064}\ Mg^{8}_{0,026} - Na^{38}_{0,67}\ Mg^{11}_{0,1}\ Ca^{2}_{0,09}}\ .$$

При этом содержание сухого остатка увеличивается до 10 *г/л* и более. В Карагандинском бассейне ниже глубин 200—250 *м* известны воды хлор-кальциевого типа высокой минерализации (Курдюков и Выходцев, 1956).

Прогнозные многолетние запасы трещинно-карстовых вод всех структур, входящих в зону, при мощности водоносной толщи в 100 *м* составляют более 20 млрд. *м³* (коэффициент водоотдачи 0,03, площадь $^2/_3$ от 10 000 *км²*); среднегодовой водозабор из расчета 50% сработки вековых запасов в течение 50 лет приблизительно будет равен 6,4 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации — 12,8 *м³/сек*). Ежегодно восполняемые запасы за счет инфильтрации и инфлюации поверхностных снеготалых вод только в пределах контуров развития известняков составляют 200 млн. *м³* (6,4 *м³/сек*). Таким образом, общие запасы выразятся цифрой 12,8 *м³/сек*. Эксплуатационный модуль при этом будет равен 1,2 *л/сек* с 1 *км²*.

Большинство структур в настоящее время слабо разведано, и эксплуатационные запасы по ним еще не утверждены. За счет подземных вод известняков могут быть удовлетворены потребности в воде различных отраслей народного хозяйства. Наиболее рациональным типом водозабора являются скважины большого диаметра, глубиной 100—150 *м*.

Широко распространены в зоне поровые воды. Они приурочены к рыхлообломочным отложениям третичного возраста современных и древних долин рек Нура, Жаман-Сарысу, Жаксы-Сарысу и других, а также к юрским рыхлым песчаникам и конгломератам, выполняющим Михайловско-Сокурскую мульду. Здесь они образуют артезианский бассейн, обладающий довольно значительными запасами доброкачественных подземных вод (Курдюков, 1957; Ахмедсафин, 1961).

С маломощными прослоями песков, залегающих среди третичных глин, обычно связаны подземные воды спорадического распространения. Они во всех случаях имеют повышенную минерализацию (от 3 до 5 *г/л* и более), обладают незначительными дебитами и поэтому практического значения не имеют.

Водоносный аллювиальный горизонт долины р. Нуры в пределах зоны представлен песчано-гравийными отложениями мощностью в верхней части ее от 5 до 19 *м*. В разрезе аллювия средней части долины появляются более мелкозернистые пески с прослоями супеси, а мощность водоносного горизонта увеличивается до 20—25 *м*. В соответствии с изменением литологического состава меняются и водовмещающие свойства аллювия. Коэффициент фильтрации для верхней части равен 75—100 *м/сутки*, для средней —50—60 *м/ сутки*. Величина водоотдачи колеблется от 0,25 до 0,15. Воды аллювия долины образуют поток, ширина которого изменяется от 3—5 *км* в верховьях до 10—15 *км* в средней части. Уклон зеркала грунтовых вод в среднем равен 0,002.

Минерализация грунтовых вод обычно не превышает 1 *г/л*, реже 1,5—2 *г/л*, и только в бортовых частях долины возможна повышенная минерализация вод — до 5 *г/л*. Тип минерализации сульфатный, переходящий к бортам долины в хлоридный и смешанный.

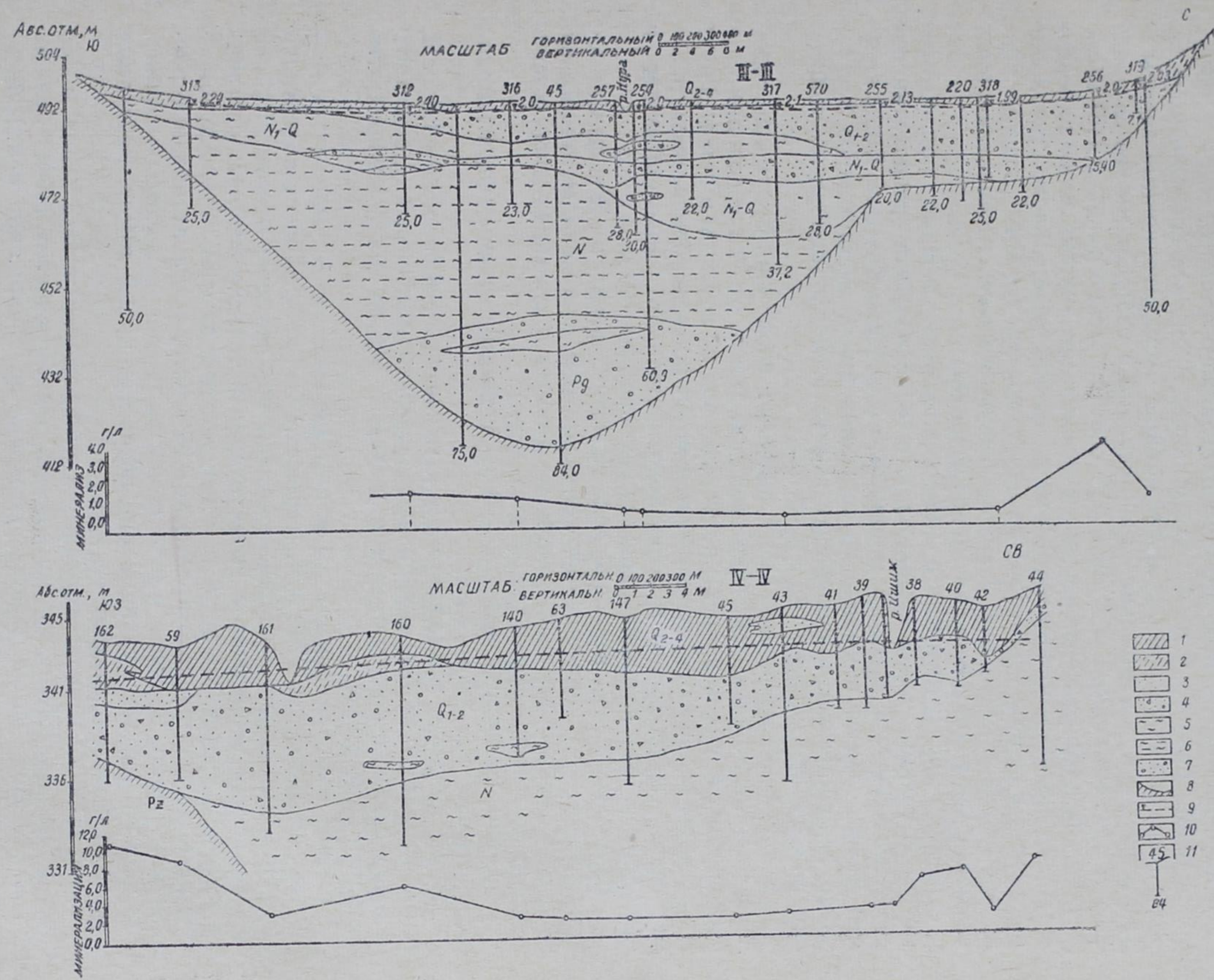
Химический состав воды по скважинам Сергиопольского створа (минерализация 1,17 *г/л*) и в нижнем бьефе Самаркандского водохранилища (минерализация 1,08 *г/л*) следующий:

$$M_{(1,19-1,08)}\ \frac{Cl^{22}_{0,28}\ S^{18}_{0,31}\ C^{10}_{0,23} - S^{19}_{0,30}\ Cl^{17}_{0,19}\ C^{14}_{0,28}}{Na^{30}_{0,252}\ Mg^{11}_{0,049}\ Ca^{9}_{0,061} - Na^{27}_{0,205}\ Mg^{14}_{0,055}\ Ca^{9}_{0,056}}.$$

Дебиты скважин и колодцев составляют 1290—2150 $м^3$/*сутки* (15—25 *л/сек*) при сравнительно небольших понижениях уровня грунтовых вод. В аллювиальных отложениях долины заключены довольно большие эксплуатационные запасы. Ранее на 100 *км* длины они были определены в размере около 5 $м^3$/*сек* (Ахмедсафин, 1961). По более уточненным расчетам, общие многолетние запасы пресных вод (с минерализацией до 1 *г/л*) долины в пределах зоны равны 7,0 млрд. $м^3$, или 2,9 млн. $м^3$ на 1 $км^2$ площади (площадь 2362 $км^2$, мощность 15 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2). Прогнозные запасы для слабосолоноватых грунто-

---

Рис. 32. Гидрогеологические разрезы долины р. Нуры, восточнее г. Темиртау (III—III), и долины р. Ишима, южнее г. Целинограда (IV—IV).
1—суглинки; *2*—супеси; *3*—пески; *4*—пески, гравий, галька; *5*—глины пестроцветные; *6*—глины серо-зеленые; *7*—песчано-гравелисто-галечниковые отложения долин; *8*—коренные породы; *9*—уровень грунтовых вод; *10*—минерализация воды (*г/л*); *11*—скважины; цифры: сверху — номер, снизу — общая глубина скважины (*м*).


Абс.отм, м
МАСШТАБ горизонтальный 0 100 200 300 400 м
вертикальный 0 2 4 6 8 м
II-II
С
СВ
р.Кура
N_1-Q
Q_{2-4}
Q_{1-2}
N
Pg
г/л
МИНЕРАЛИЗ
IV-IV
ЮЗ
СВ
р.Цинцах
Pz
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

вых вод долины определены в 6 млрд. $м^3$ (площадь 2000 $км^2$, мощность 15 *м* и коэффициент водоотдачи 0,2).

Эксплуатационные запасы пресных и слабосолоноватых вод при 50-процентной сработке в течение 50 лет выразятся в 4,2 $м^3/сек$.

Восполнение запасов за счет инфильтрации атмосферных осадков в долине, с одной стороны, составит 3,5 $м^3/сек$ (в расчет принимается 10% от общегодового количества осадков), с другой — в результате потерь годового, главным образом паводкового, стока р. Нуры в пределах района, равного 4 $м^3/сек$ (Беркалиев, 1959), все восполняемые запасы выразятся цифрой 7,5 $м^3/сек$, общие эксплуатационные запасы — 11,7 $м^3/сек$, а при нормальной эксплуатации с перерывами это составит 23,4 $м^3/сек$. Расходные модули будут соответственно равны 2,5(5) *л/сек* с 1 $км^2$. В пределах средней части долины (на участке до ее поворота в меридиональном направлении) эксплуатационные запасы, утвержденные в ГКЗ в период 1957—1961 гг. по категориям $A+B+C_1$, составляют, по данным И. Е. Фалевич, 2 $м^3/сек$. Таким образом, эксплуатационные возможности долины еще далеко не исчерпаны.

Наряду с современным аллювием в долине р. Нуры под 30—40-метровой толщей глин вскрывается и древний аллювий (разнозернистые пески со щебнем и дресвой) мощностью в среднем 8—10 *м*. Воды древней долины имеют повышенную минерализацию, достигающую 3 *г/л* и более, гидрокарбонатно-сульфатного состава. Воды напорные, дебиты скважин до 1720 $м^3/сутки$ (20 *л/сек*).

В дальнейшем при детальной разведке, возможно, будут еще выявлены участки долин с доброкачественной водой, что даст дополнительный прирост к общим запасам подземных вод по долинам в целом. Грунтовые воды аллювиальных отложений могут широко использоваться для питьевого, технического и сельскохозяйственного водоснабжения и орошения полей с помощью скважин глубиной 20—40 *м*.

Грунтовые воды верховий рек Жаман-Сарысу и Жаксы-Сарысу приурочены к песчано-гравийно-галечниковым отложениям мощностью 4—8 *м*. Коэффициент фильтрации, по данным опытных откачек, колеблется от 40 до 160 *м/сутки* (от 0,5 до 2 *л/сек*).

Глубина залегания вод —1,5—3 *м* от поверхности земли, а ширина грунтового потока —3,4—4 *км*.

Воды пресные, минерализация изменяется от 0,8 до 1,2—1,5 *г/л*, тип минерализации гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый. Дебиты отдельных скважин колеблются в пределах от 516 до 1032—1290 $м^3/сутки$ (от 6 до 12—15 *л/сек*).

Общие многолетние запасы равны 1,6 млрд. $м^3$ воды, а с 1 $км^2$ — 700 тыс. $м^3$ (площадь 2200 $км^2$, мощность 4 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2). При этом эксплуатационные запасы при сработке только 50% общих запасов и непрерывной эксплуатации в течение 50 лет составят 0,5 $м^3/сек$. С учетом же восполняемых запасов за счет потерь паводкового расхода рек, равного примерно 0,35 $м^3/сек$, эксплуатационные расходы могут быть приняты в 0,85 $м^3/сек$ (в пределах верховьев долин). При нормальной эксплуатации они возрастут до 1,7 $м^3/сек$. Расходные модули равны 0,4 (0,8) *л/сек* с 1 $км^2$.

Разведанные и представленные к утверждению в ГКЗ запасы по категориям $A+B+C_1$ по материалам Насырханова (1961) равны 0,35 $м^3/сек$. Воды долин используются для водоснабжения промышленности и сельского хозяйства, эксплуатация возможна скважинами и колодцами глубиной 10—15 *м*.

В низовьях долины р. Шерубай-Нуры грунтовые воды приурочены к песчано-галечниковому горизонту современного аллювия, имеющему мощность 10—12 *м*. Ширина долины от 3,5 до 10—12 *км*. Воды залега-

ют на глубине не более 5 *м*. Максимальные расходы скважин достигают 5160—5590 *м*³/*сутки*, или 60—65 *л/сек* (Курдюков, 1957). Грунтовые воды образуют поток с уклоном 0,001—0,0015. Коэффициент фильтрации равен 170—200 *м/сутки*. Минерализация воды не превышает 0,5—0,6 *г/л*, лишь в отдельных случаях доходит до 0,9 *г/л*. Тип минерализации гидрокарбонатно-кальциевый.

Химический анализ вод по скважине у пос. Тас-Заимка следующий:

$$M_{0,55}\,\frac{C^{20}_{0,19}\,S^{16}_{0,12}\,Cl^{13}_{0,074}}{Na^{28}_{0,084}\,Ca^{18}_{0,057}\,Mg^{9}_{0,017}}\,.$$

Под современным аллювием на описываемом участке долины р. Шерубай-Нуры повсеместно развиты отложения древней долины мощностью 60—80 *м*, среди которых имеются три напорных водоносных горизонта мощностью до 10 *м* каждый. Нередко верхний водоносный горизонт смыкается с современным аллювием долины, в результате чего образуется единый безнапорный водоносный горизонт мощностью до 20 *м*. Воды древнего аллювия также пресные, с минерализацией большей частью до 1 *г/л*, и лишь в отдельных случаях она достигает 1,2 *г/л*. По составу воды смешанные, преобладают хлоридно-натриевые.

Прогнозные многолетние запасы грунтовых вод низовий Шерубай-Нуры составляют около 4,5 млрд. *м*³ (мощность 20 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2, площадь 1125 *км*²), эксплуатационные запасы из расчета 50% сработки запасов за 50-летний срок эксплуатации — 1,4 *м*³/*сек*.

Ежегодно возобновляемые запасы за счет инфильтрации 10% атмосферных осадков на площади распространения аллювиальных отложений долины составляют 0,7 *м*³/*сек*, а вместе с потерями паводкового стока они достигают 3,21 *м*³/*сек*. Суммарные эксплуатационные запасы нижней части долины р. Шерубай-Нуры равны 4,6 *м*³/*сек*, а расходные модули — соответственно 4,08 *л/сек* с 1 *км*². На отдельных участках утвержденные запасы грунтовых вод по категориям $A+B+C_1$ с учетом эксплуатации вод древнего аллювия (участки Джартасский, Котурский — долина р. Джон, Саранский и водозаборы на некоторых притоках), по данным В. А. Курдюкова (1958), составляют более 0,6 *м*³/*сек*. Кроме того, по результатам разведки (Сычев, Ишмаков, 1959—1962), выявлены дополнительные запасы (более 1 *м*³/*сек*) доброкачественных подземных вод, которые будут в ближайшее время утверждаться в ГКЗ как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Караганды.

Кроме описанных, в пределах зоны проходят долины рек Тениз-Кургальджинского бассейна — Жаксыкон, Кирей и других, в которых водоносными являются отложения современного и древнего аллювия мощностью до 10 *м*. Воды залегают на глубине 1—1,5 *м* и отличаются пестротой минерализации с преобладанием пресных и слабосолоноватых и сравнительно небольшими — до 45 *м*³/*сутки* (0,5 *л/сек*) — дебитами скважин и колодцев. На участках вскрытия древнего аллювия (низовья р. Жаксыкон) возможны более значительные дебиты скважин — от 85 до 440 *м*³/*сутки*, или 1—5 *л/сек* (Островский, 1959).

Вследствие повышенной минерализации и слабой заселенности района воды этих долин практически не используются.

Некоторое распространение в пределах зоны получили воды делювиально-пролювиальных песчано-щебенистых отложений, конусов выноса и межсопочных понижений. Они в большинстве случаев залегают на глубинах не более 5 *м*, по качеству пестрые, с преобладанием пресных и слабосолоноватых. Дебиты колодцев варьируют от 8 до 10 *м*³/*сутки*

(0,1—0,15 *л/сек*). Грунтовые воды этих отложений используются для сельскохозяйственных нужд путем каптажа колодцев глубиной 3—5 *м*.

Михайловско-Сокурский артезианский бассейн состоит из Михайловской и Сокурской мульд, занимающих площадь около 1000 *км*². Они выполнены рыхлыми песчаниками и конгломератами с прослоями аргиллитов, алевролитов, углей, реже глин. Наиболее водоносными являются пласты песчаников и конгломератов в верхней части разреза до глубины 200—300 *м*, где имеются благоприятные условия для активного водообмена. Воды высоконапорные. Минерализация их не превышает 1 *г/л* (обычно 0,6—0,7 *г/л*), но ниже 300 *м* она нарастает, достигая 3 *г/л* и более. Тип вод гидрокарбонатно-натриевый, переходящий с глубиной в сульфатно-хлоридно-натриевый (Выходцев, 1956; Курдюков, 1957; Ахмедсафин, 1961). Глубина залегания напорных вод в большинстве случаев не превышает 30—70 *м*.

Скважины, пробуренные в пределах мульды, дают расходы порядка 1000—2500 *м*³/*сутки* (10—30 *л/сек*). На периферийных участках мульды из-за меньших фильтрационных свойств пород производительность скважин несколько ниже.

Прогнозные многолетние запасы артезианских вод Михайловской и Сокурской мульд составляют 6 млрд. *м*³. При использовании 50% их в течение 50 лет эксплуатационные запасы составят около 2 *м*³/*сек* (Ахмедсафин, 1961). За счет поровых вод Михайловской мульды сейчас осуществляется водоснабжение города Караганды.

Утвержденные запасы подземных вод Михайловской структуры равны 0,208 *м*³/*сек*, фактический водозабор в течение 20 лет достигает 0,38—0,40 *м*³/*сек* при небольших понижениях и стабилизировавшихся динамических уровнях. При больших понижениях они могут быть значительно увеличены. По центральной части Сокурской мульды эксплуатационные запасы высокопроизводительных подземных вод в верхней 50-метровой водоносной толще утверждены в размере 0,5 *м*³/*сек*. Напорные подземные воды Михайловско-Сокурского бассейна широко могут эксплуатироваться для питьевых и хозяйственных нужд, местами для технических целей, с помощью скважин глубиной до 100—200 *м*.

* * *

Таким образом, общие прогнозные эксплуатационные запасы для грунтовых вод второй зоны на площади 25 487 *км*² при 50-процентной непрерывной сработке в течение 50 лет с учетом возобновляемых составляют 30 *м*³/*сек*, а расходный модуль — 1,2 *л/сек* с 1 *км*². При нормальной эксплуатации (с расчетом сезонного использования) расход можно увеличить до 60 *м*³/*сек*, а расходный модуль — соответственно до 2,4 *л/сек* с 1 *км*². Для артезианских вод эксплуатационные запасы выразятся в 2 *м*³/*сек* с учетом 50-процентной сработки вековых запасов в течение 50 лет.

Зона полупустынь и пустынь

Зона полупустынь и пустынь условно ограничивается с севера долиной р. Сарысу, а с юга и юга-востока примыкает к плато Бетпак-Дала и Северному Прибалхашью.

Территория в целом отличается засушливым климатом, что в значительной мере сказывается на формировании подземных вод.

По условиям формирования последних рассматриваемую территорию можно разделить на возвышенную мелкосопочную равнину, зани-

мающую восточную часть, и слабовсхолмленную равнину с отдельными группами сопок, расположенную на западе.

Формирование подземных вод в пределах возвышенной мелкосопочной равнины происходит в условиях относительно активного водообмена за счет инфильтрации зимних атмосферных осадков и в меньшей степени путем подземного подтока со стороны Балхаш-Сарысуйского водораздела. Наиболее распространены трещинные воды, циркулирующие в основном в верхней выветрелой зоне эффузивов, сланцев, песчаников допалеозоя и палеозоя, а также гранитоидов. Мощность этой зоны варьирует от нескольких метров до 50 *м*.

Трещинные воды залегают преимущественно на глубинах 5—10 *м* и часто выклиниваются в виде родников с расходами не более единиц кубических метров в сутки (сотые и десятые доли литра в секунду).

Производительность скважин изменяется в большинстве случаев от 43 до 86 *м*^{3}/*сутки* (от 0,5 до 1 *л/сек*) при значительных понижениях уровня воды. Более высокие дебиты скважин отмечаются в гранитоидах, они варьируют в пределах 43—173 *м*^{3}/*сутки* (0,5—2 *л/сек*), а также в зонах разломов. Так, в Аймантауской зоне смятия (в 25—30 *км* севернее рудника Каражал) получены расходы скважин до 1040 *м*^{3}/*сутки*, или 12 *л/сек* (Тененбаум, 1961).

Минерализация трещинных вод не превышает 3 *г/л*, состав ее преимущественно сульфатно-гидрокарбонатно-натриевый.

Наиболее характерный химический состав трещинных вод по скважине (из кварцитов) у Карасая и у сопок Басалтуайт (из кремнистых сланцев) следующий:

$$M_{(0,91-2,8)}\frac{S^{31}_{0,29}\,Cl^{10}_{0,18}\,C^{9}_{0,10} - S^{47}_{1,8}\,C^{3}_{0,17}}{Na^{24}_{0,2}\,Ca^{20}_{0,09}\,Mg^{6}_{0,053} - Ca^{22}_{0,38}\,Na^{18}_{0,34}\,Mg^{9}_{0,10}}.$$

Наилучшим качеством обладают воды гранитоидов, имеющие сухой остаток в среднем 0,3—0,5 *г/л*. Химический анализ вод гранитоидов в районе родника у горы Карашокы следующий:

$$M_{0,5}\ \frac{C^{24}_{0,13}\,S^{23}_{0,15}\,Cl^{3}_{0,014}}{Ca^{22}_{0,05}\,Mg^{18}_{0,025}\,Na^{10}_{0,026}}.$$

Оценка запасов подземных вод произведена только для наиболее перспективного водоносного комплекса гранитоидов. При площади интрузивных пород в 6000 *км*^{2} (в расчет приняты $^2/_3$ указанной величины), мощности обводненной толщи 25 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,015 многолетние запасы подземных вод оцениваются в 1,5 млрд. *м*^{3}.

При непрерывной эксплуатации 50% этих запасов в течение 50 лет можно получить расход 0,48 *м*^{3}/*сек*, при нормальном извлечении — 0,96 *м*^{3}/*сек*. Расходные модули за тот же период составят соответственно 0,08 (0,16) *л/сек* с 1 *км*^{2}.

Трещинные воды широко используются для нужд сельского хозяйства. В дальнейшем они могут применяться и небольшими промышленными объектами. Водозабор должен производиться скважинами глубиной 60—70 *м*.

Обособленное положение занимают трещинно-карстовые воды известняков, реже доломитов девоно-карбона, слагающих брахисинклинальные структуры (см. рис. 2 и 10). Карбонатные породы отличаются высокой закарстованностью и трещиноватостью, прослеживающейся до глубины 150—200 *м*, что обусловливает формирование значительных ресурсов подземных вод (Ахмедсафин, 1961).

Глубины залегания трещинно-карстовых вод колеблются от 0 до 30—40 *м*, в среднем составляют 15—25 *м*.

Водообильность пород и качественный состав рассматриваемых вод неодинаковы. Наибольшую производительность — 1728 *м³/сутки* (до 20 *л/сек*), в среднем 860—1300 *м³/сутки* (10—15 *л/сек*) — дают скважины, пробуренные в фаменских известняках, слагающих краевые части мульд. Удельные дебиты достигают здесь 346—432 *м³/сутки* (4—5 *л/сек*). Воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией до 3 *г/л*, в основном хлоридно-сульфатно-натриевого состава.

Формула наиболее характерных химических анализов проб воды по скважине севернее горы Акшокы такая:

$$M_{2,54}\,\frac{Cl^{25,5}_{0,76}\,S^{19,5}_{0,78}\,C^{5}_{0,25}}{Na^{31,5}_{0,61}\,Mg^{8}_{0,08}\,Ca^{10,5}_{0,17}}.$$

В центральных частях мульд вследствие ухудшения условий водообмена минерализация воды повышается, а производительность скважин несколько уменьшается. Карбонатные структуры, расположенные севернее 48-й параллели, содержат пестрые по минерализации воды, с преобладанием пресных и слабосолоноватых. К югу от 48-й параллели трещинно-карстовые воды имеют минерализацию до 3 *г/л*. Тип минерализации в основном сульфатно-хлоридно-натриевый. Общие ресурсы трещинно-карстовых вод при площади развития карбонатных пород 2025 *км²*, мощности обводненной зоны 50 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,04 составляют 2,7 млрд. *м³* (в расчет взято $^2/_3$ площади).

При непрерывной сработке 50% этих запасов в течение 50 лет ежесекундный расход выразится цифрой 0,86 *м³/сек*, а расходный модуль — 0,43 *л/сек* с 1 *км²*. В случае использования 80% запасов приведенная цифра возрастет до 1,37 *м³/сек*, а расходный модуль увеличится до 0,69 *л/сек*. Разведанные запасы трещинно-карстовых вод по Ащелинскому и Северо-Ащелинскому водозаборам (в районе рудника Каражал) составляют по сумме всех категорий 0,1 *м³/сек*, по Коктасскому водозабору (район рудника Шалгия) — 0,234 *м³/сек*, по участку Кзылсу (рудник Джамбул) — 0,135 *м³/сек*. Следует учесть, что все разведанные запасы относятся к категории только ежегодно восполняемых. Указанные выше эксплуатационные ресурсы до настоящего времени остаются нетронутыми. Трещинно-карстовые воды должны эксплуатироваться скважинами глубиной до 150 *м*.

Поровые воды на описываемом участке развиты в отложениях современного и древнего аллювия, в средней части долины реки Сарысу, а также в долинах Атасу, Акдала и др.

В современных отложениях воды приурочены к галечникам, пескам, супесям мощностью в среднем 5 *м*.

Глубина залегания подземных вод не более 5 *м*. Производительность скважин, опущенных в четвертичный аллювий, довольно высокая. Дебиты в среднем составляют 430—860 *м³/сутки* (5—10 *л/сек*).

Минерализация вод аллювия исключительно пестрая — до 3 *г/л*. Наблюдается постепенное увеличение минерализации по направлению подземного потока.

По химическому составу воды преимущественно хлоридно-сульфатно-натриевые.

Для примера приведены формулы наиболее характерного химического состава воды по среднему течению р. Сарысу:

$$M_{(1,33-3,02)}\,\frac{Cl^{27,3}_{0,45}\,S^{19,2}_{0,43}\,C^{3,5}_{0,1} - Cl^{40}_{1,48}\,C^{5,5}_{0,35}\,S^{4,5}_{0,22}}{Na^{32}_{0,3}\,Mg^{9,7}_{0,05} - Ca^{27}_{0,56}\,Mg^{12,5}_{0,16}\,Na^{10,5}_{0,25}}.$$

Общие запасы пресных и слабосолоноватых грунтовых вод долины р. Сарысу в пределах возвышенной мелкосопочной равнины при площади аллювия 2800 *км*², мощности 5 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,1 составляют 1,4 млрд. *м*³.

При непрерывном использовании этих запасов в течение 50 лет (с учетом 50-процентной сработки) можно вывести на поверхность 0,44 *м*³/*сек* воды. Восполняемые запасы ориентировочно оцениваются в 2 *м*³/*час*. Следовательно, общее количество доступной для использования воды составит 2,44 *м*³/*сек*.

Если принять во внимание сезонность использования подземных вод на ирригацию, то приведенная цифра увеличится до 4,88 *м*³/*сек*. Эксплуатационные расходные модули для приведенных вариантов расчета будут равны соответственно 0,88 и 1,66 *л*/*сек* с 1 *км*².

Производительность грунтового потока р. Атасу ориентировочно оценивается в 0,07 *м*³/*сек* (Тененбаум, 1961).

Утвержденные эксплуатационные запасы грунтовых вод долины Акдала равны 0,136 *м*³/*сек* (Калмыков, 1959). Древнеаллювиальные отложения Сарысу, Атасу и Акдала представлены галечниками и песками мощностью 5—15 *м*, залегающими под 30—50-метровой толщей неогеновых глин. Подземные воды являются напорными. Производительность скважин достигает 1700 *м*³/*сутки* (20 *л*/*сек*) при удельных дебитах свыше 86,4 *м*³/*сутки*. Минерализация напорных вод несколько повышена и изменяется от 1,6 до 5 *г*/*л*, тип ее преимущественно сульфатно-натриевый.

Расход потока погребенной долины Сарысу приближенно составляет 17—26 тыс. *м*³/*сутки*, или 200—300 *л*/*сек*, а Атасу —6—8 тыс. *м*³/*сутки*, т. е. 70—90 *л*/*сек* (Тененбаум, 1961).

Утвержденные в ГКЗ запасы древней долины Акдала (расход потока), по данным А. Ф. Калмыкова и А. Алимкулова (1953), равны 0,24 *м*³/*сек*. Воды древнего аллювия являются важным источником водоснабжения и оазисного орошения. Эксплуатацию их следует производить скважинами глубиной 60—80 *м*. Воды современного аллювия могут быть извлечены неглубокими —10—20-метровыми — скважинами и колодцами, а также горизонтальными водозаборами траншейного типа.

Для слабовсхолмленной равнины западной части зоны характерны незначительные запасы вод. Водосодержащими породами здесь являются песчаники и мергели карбона и перми, мелкозернистые пески мела и олигоцена, четвертичные делювиально-пролювиальные, аллювиальные и эоловые отложения.

Слабая расчлененность рельефа, широкое распространение водоупорных третичных глин, малая величина питания подземных вод обусловливают замедленный водообмен и формирование вод преимущественно повышенной минерализации.

Глубины залегания подземных вод, как правило, не превышают 5 *м*, а в пределах мелкосопочника —15 *м*. Производительность скважин в основном не более 43 *м*³/*сутки* (0,5 *л*/*сек*). Лишь в аллювии низовий долины Сарысу расходы выработок увеличиваются до 430—860 *м*³/*сутки* (5—10 *л*/*сек*).

Минерализация вод на большей части территории повышенная (до 5—10 *г*/*л*). Хорошее качество подземных вод отмечено на участках открытых выходов палеозойских пород на поверхность, в меловых отложениях и эоловых песках (минерализация до 3 *г*/*л*). Преобладающий тип минерализации — сульфатно-натриевый.

В силу повышенной минерализации и небольшой производительности запасы грунтовых вод для большинства водоносных комплексов не подсчитывались. Исключение составляет долина Сарысу, где при площа-

ди современного аллювия 2200 *км*², мощности 5 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,1 многолетние ресурсы оказались равными 1,1 млрд. *м*³.

При сработке в течение 50 лет 50% этих ресурсов можно получать ежесекундно 0,3 *м*³. Восполнение запасов за счет инфильтрации паводковых вод реки составит 1,7 *м*³/*сек*. Общие эксплуатационные запасы при этом выразятся цифрой в 2 *м*³/*сек*, а расходный модуль будет равен 1 *л*/*сек* с 1 *км*².

Не менее ²/₃ из этого количества приходится на пресные и слабосолоноватые воды. На юге участка в меловых отложениях, представленных в основном песчанистыми фациями, распространены напорные и самоизливающиеся пресные и слабосолоноватые воды с расходами до 430 *м*³/*сутки*, или 5 *л*/*сек* (Ахмедсафин, 1961). Условия для формирования таких вод, видимо, отсутствуют в северной половине участка, где меловые отложения состоят преимущественно из глин.

Подземные воды пермокарбона, меловых, четвертичных аллювиальных отложений и эоловых песков могут быть использованы главным образом для нужд сельского хозяйства, в частности для обводнения пастбищ. Эксплуатацию подземных вод можно осуществлять скважинами и колодцами глубиной 20—30 *м*.

* * *

Общие прогнозные эксплуатационные запасы для площади 13 025 *км*² при извлечении только 50% от общих запасов и непрерывной эксплуатации их в течение 50 лет (с учетом восполняемых запасов) составят 5,78 *м*³/*сек*, а расходный модуль с 1 *км*² — 0,44 *л*/*сек*. При нормальной эксплуатации (с учетом сезонного использования и в дневные часы) расход можно увеличить до 11,56 *м*³/*сек*, а расходный модуль — соответственно до 0,9 *л*/сек.

Зона пустынь и полупустынь Северного Прибалхашья

Зона пустынь и полупустынь Северного Прибалхашья занимает юго-западную часть мелкосопочного района, располагаясь вдоль северного побережья озера Балхаш от его восточного окончания до 72 меридиана на западе.

Вся эта обширная, сильно засушливая территория сложена разнообразным комплексом палеозойских пород, перекрытых маломощным чехлом песчано-глинистых делювиальных отложений, а широкие суходольные долины выполнены аллювиально-пролювиальными песчано-гравийно-галечниковыми отложениями мощностью до 30—50 *м*. Все указанные породы в той или иной степени являются водоносными.

Формирование подземных вод данной зоны обусловлено инфильтрацией атмосферных осадков (среднегодовое количество 100 *мм*) и подтоком подземных вод со стороны района Балхаш-Иртышского водораздела. Исходя из условий формирования и гидрохимических особенностей, в пределах мелкосопочной части Северного Прибалхашья представляется возможным выделить Восточное и Западное Прибалхашье, а также долины крупных рек (см. рис. 2).

Восточное Прибалхашье, охватывающее междуречье Баканас—Токрау, характеризуется широким распространением трещинных вод, приуроченных к верхней трещиноватой зоне выветривания осадочно-метаморфических, осадочных и изверженных пород допалеозоя и палеозоя мощностью от 10—15 до 30—50 *м*. Коэффициенты трещиноватости изменяются от долей процента (метаморфические породы) до 10—15% для

интрузий (Шапиро, 1958), а коэффициент водоотдачи — соответственно от 0,01 до 0,015. Характеристика выделенных водоносных комплексов представлена на гидрогеологической карте.

Глубина залегания трещинных вод обычно не превышает 30 *м*, чаще 10—15 *м*. Подземные воды обнажаются в виде источников или же каптированы колодцами и вскрыты скважинами. Дебиты их в большинстве случаев составляют в среднем 8,6—43,2 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). В зонах крупных тектонических нарушений дебиты водопунктов достигают 86,4—172,8 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*). Повышенной водообильностью отличаются трещинные воды гранитоидов, где расходы скважин достигают 172—259 *м³/сутки* (2—3 *л/сек*). Особенно водообильными оказались пористые разности гранитоидов (коэффициент пористости до 8%), вскрытые в массивах Тастыбулак, Аксоран, Кзылтас и некоторых других. Здесь расходы скважин равны 430—604 *м³/сутки* (5—7 *л/сек*). Нередко они дают самоизлив. Воды в большинстве своем пресные и слабосолоноватые (сухой остаток до 3 *г/л*), что обусловлено подтоком пресных вод со стороны низкогорного района Балхаш-Иртышского водораздела. Тип минерализации преимущественно сульфатно-натриевый. Повышение минерализации происходит в сторону озера Балхаш—основного базиса стока. Вдоль побережья озера вследствие засоленной глинистой кровли

Рис. 33. Родник из трещин зоны нарушения порфиритов девона.

и застойного режима вод степень минерализации увеличивается до 4—5 *г/л*, и воды становятся слабосолоноватыми и солоноватыми, а по составу — сульфатными и хлоридно-сульфатными.

Характерный химический состав трещинных вод, отобранных в районе месторождений Аксоран, Жанет и Саяк, можно выразить формулой:

$$M_{(0,78-1,6-4,2)} \frac{S^{34}_{0,40}\, C^{8}_{0,12}\, Cl^{6}_{0,048} - S^{24}_{0,58}\, Cl^{17}_{0,31}\, C^{9}_{0,29} - S^{42}_{0,55}\, C^{6}_{0,97}\, Cl^{2}_{0,26}}{Ca^{25}_{0,12}\, Na^{23}_{0,13}\, Mg^{2}_{0,008} - Na^{32}_{0,37}\, Ca^{14}_{0,14}\, Mg^{4}_{0,029} - Na^{37}_{2,3}\, Ca^{7}_{0,39}\, Mg^{6}_{0,22}}.$$

Трещинные воды используются для нужд мелких сельскохозяйственных объектов путем каптирования колодцев и бурения скважин глубиной до 50 *м*.

Особенно перспективными являются трещинные воды гранитоидов, вековые статические запасы которых определяются в 2,2 млрд. $м^3$, или 250 тыс. $м^3$ с 1 $км^2$ (из расчета $^2/_3$ площади распространения, равной 6000 $км^2$, мощности водоносного горизонта 25 *м* и коэффициента водоотдачи 0,015). Если исходить из возможностей забора 50% вековых запасов и 50-летней непрерывной эксплуатации, то эксплуатационные запасы составят 0,7 $м^3/сек$. При нормальной эксплуатации с расчетом сезонного использования эксплуатационные запасы будут равны 1,4 $м^3/сек$, расходные модули с 1 $км^2$ —0,08 (0,16) *л/сек*. За счет вод гранитоидов можно обеспечить водой небольшие населенные пункты, геологоразведочные партии, а также животноводческие фермы. Водозабор следует осуществлять скважинами глубиной до 60—70 *м*.

Несколько обособленное положение занимают карбонатные породы, с которыми связаны трещинно-карстовые воды. Мощность обводненной части карбонатных пород колеблется от 46 до 150 *м*, в среднем 100 *м*, и она тесно связана с глубиной распространения закарстованности и трещиноватости. Коэффициенты водоотдачи — до 0,04. В отдельных случаях карстовые полости бывают заполнены глинами, что существенно снижает их водообильность.

Глубина залегания подземных вод находится в пределах 5—10 *м*, а на возвышенных участках достигает 20 *м*.

Воды известняков пресные, с минерализацией до 3 *г/л*, реже до 1 *г/л*. Причем наиболее пресными являются воды в тех случаях, когда они приурочены к брахиантиклинальным структурам или же к зонам нарушений. В центральных частях мульд качество вод несколько ухудшается, и минерализация может превысить 3 *г/л*.

Характерный химический состав вод по источнику из киикских известняков и по скважине в Саякской мульде следующий:

$$M_{(0,79-2,0)} \frac{C^{22}_{0,36}\, S^{22}_{0,29}\, Cl^{3}_{0,055} - S^{23}_{0,72}\, Cl^{20}_{0,46}\, C^{6}_{0,28}}{Ca^{22}_{0,12}\, Na^{19}_{0,12}\, Mg^{9}_{0,031} - Na^{34}_{0,51}\, Ca^{9}_{0,12}\, Mg^{7}_{0,055}}.$$

Водообильность карбонатных пород повышенная. Дебиты скважин и источников достигают 2246—2592 $м^3/сутки$ (26—30 *л/сек*) при сравнительно небольших понижениях. Иногда из скважин наблюдается самоизлив. Наибольшая производительность скважин отмечается в пределах Акбастауской синклинали, где дебит оказался равным 1550—2246 $м^3/сутки$ (18—26 *л/сек*) при понижении уровня от 2 до 4 *м*; на киикских известняках удельный дебит, согласно данным В. Леонтьева (1960), С. М. Шапиро (1953), составляет 21 *л/сек*. Несколько

меньшие расходы фиксируются в пределах Саякской структуры, где разрез представлен переслаивающейся толщей известняков и туфопесчаников. Здесь дебиты скважин не превышают 432—605 *м³/сутки* (5—7 *л/сек*) при значительном понижении статического уровня.

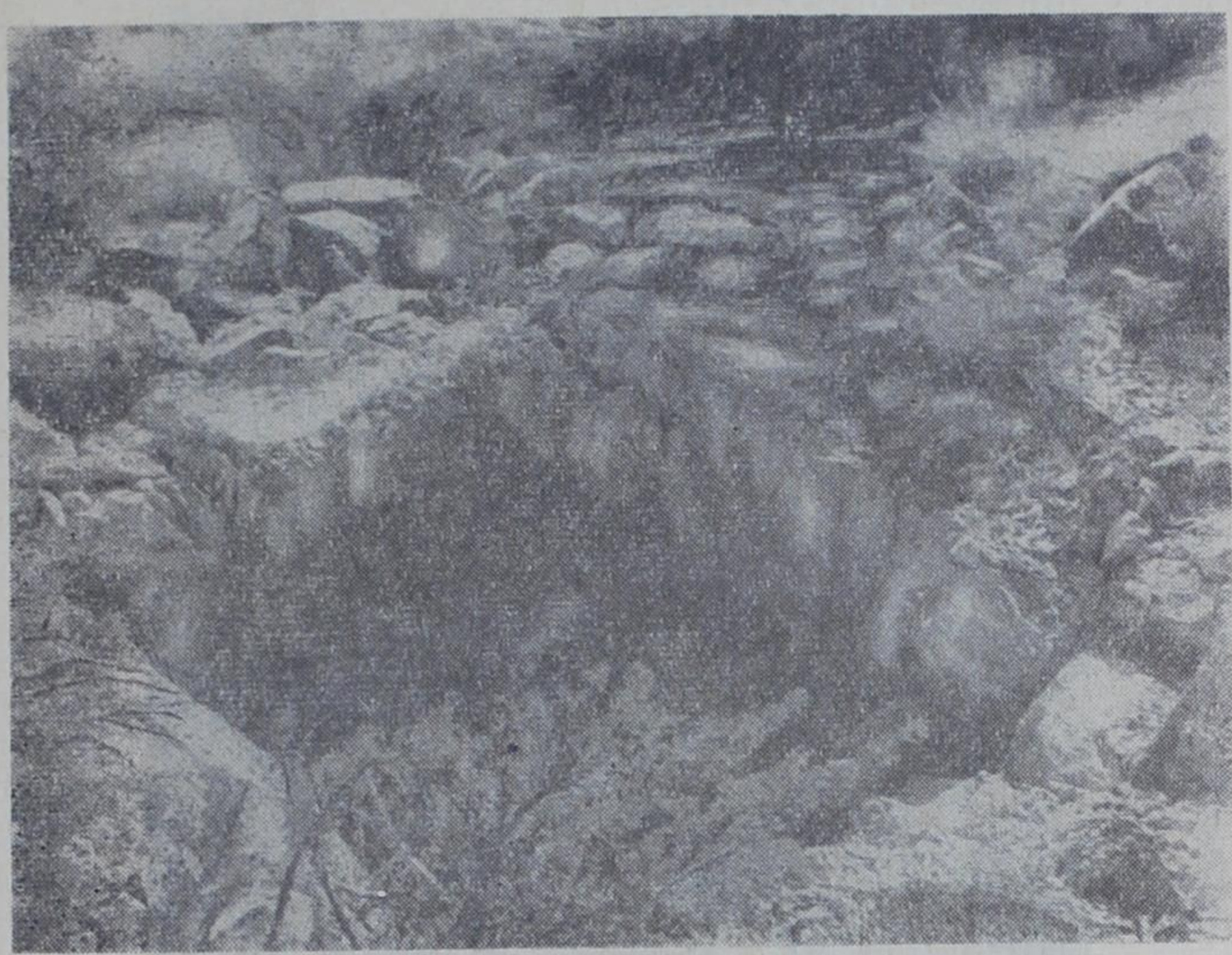


Рис. 34. Карстовая воронка на киикских известняках.

Общие многолетние запасы всех карбонатных структур определены в 6,4 млрд. *м³* (при их общей площади 1600 *км²*, мощности 100 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,04).

Эксплуатационные возможности подземных вод этих структур при условии 50-летней эксплуатации выразятся цифрой 2 *м³/сек*, а расходный модуль с 1 *км²* — 1,2 *л/сек*.

Эксплуатационные запасы по некоторым структурам утверждались в 1961 г. в связи с водоснабжением месторождения Узунжал и станции Киик (табл. 4).

Таблица 4

Участок водозабора	Категория запасов, *л/сек* (*м³/сутки*)			
	A	B	C_1	$A+B+C_1$
Сарыбулакский	100(8640)	34(2937)	16(1382)	150(12960)
Киикский	56(4838)	46(3974)	—	100(8640)
Между Кииком и Узунжалом	9(777)	35(3034)	26(2246)	130(11232)
Итого	165(14255)	115(9945)	42(3628)	380(32832)

Таким образом, к настоящему времени используется только пятая часть запасов, что указывает на значительные перспективы дальнейшего использования подземных вод для целей водоснабжения, обводнения и оазисного орошения. Эксплуатация вод возможна с помощью

скважин глубиной до 180—200 *м*. Количество скважин и их расположение выбирается в каждом конкретном случае отдельно.

Рис. 35. Родник Улькунбулак из киикских известняков; расход 19 *л/сек*.

Западное Прибалхашье включает междуречье Токрау — Моинты до 72 меридиана и южнее 47°, охватывает область транзита и разгрузки подземных вод и отличается замедленным водообменом, обусловливающим повышенную минерализацию подземных вод. Здесь основное развитие получили слабосолоноватые, солоноватые и соленые воды с минерализацией от 3 до 10 *г/л*. Близость пустынного района плато Бетпак-Дала также накладывает свой отпечаток. Водоносные комплексы представлены в основном трещиноватыми метаморфическими, эффузивно-осадочными и интрузивными породами палеозоя мощностью в среднем 25—30 *м*. Нередко трещины бывают заполнены глинистыми продуктами выветривания, что существенно снижает их водоносность. Трещинные воды главным образом вскрываются на глубинах 5—10 *м* и отличаются ничтожной производительностью — до 8,64 *м*³/*сутки* (0,1 *л/сек*). Несколько большие дебиты — до 43 *м*³/*сутки* (0,5 *л/сек*) — фиксируются по скважинам, вскрывающим воды в гранитоидах. Карбонатные породы, слагающие ряд обособленных замкнутых структур, по данным В. И. Дмитровского (1952), также отличаются водами повышенной производительности с дебитами 43—86 *м*³/*сутки* (0,5—1 *л/сек*).

Минерализация подземных вод всех комплексов повышенная и в среднем составляет 3—5 *г/л*.

Характерный химический состав воды, отобранной из родников северо-западнее рудника Гульшад, выражается формулой:

$$M_{(3,12-5,05)} \frac{S^{36}_{1,7}\, C^{10}_{0,63}\, Cl^{4}_{0,13} - S^{44}_{3,2}\, Cl^{3}_{0,17}\, C^{3}_{0,29}}{Ca^{31}_{0,6}\, Na^{13}_{0,30}\, Mg^{6}_{0,073} - Na^{30}_{1,03}\, Ca^{11}_{0,35}\, Mg^{9}_{0,17}}.$$

Тип минерализации сульфатно-кальциевый и сульфатно-натриевый. Наиболее сильно минерализованными являются подземные воды замкнутых карбонатных структур и небольших гранитных массивов, слагающих отрицательные формы рельефа. Здесь степень минерализации подземных вод колеблется от 3 до 10 *г/л*. Меньшая минерализация — 1,3 *г/л* — отмечается С. М. Шапиро (1953) и З. Н. Рождественской (1960) лишь на крупных, сильно трещиноватых массивах гранитоидов, слагающих возвышенные участки рельефа, и в зонах разломов, являющихся своего рода коллекторами подземных вод. Эти же зоны отличаются и повышенной водообильностью, расходы скважин достигают 259 *м³/сутки* (3 *л/сек*), чаще 86—129 *м³/сутки* (1—1,5 *л/сек*). Повышенная минерализация и ничтожные дебиты затрудняют использование подземных вод данной территории, и только трещинные воды зоны тектонических нарушений могут быть рекомендованы в качестве источника питьевого и технического водоснабжения. Эксплуатация их возможна скважинами глубиной 50—60 *м*.

Широкие суходольные долины Северного Прибалхашья — Моинты, Джамши, Токрау — выполнены песчано-гравийными галечниковыми аллювиально-пролювиальными отложениями и содержат средне- и высокопроизводительные горизонты с водой невысокой минерализации. Каждая долина имеет свои специфические особенности, и поэтому они описаны отдельно.

Долина Джамши протяженностью 100 *км* и шириной в среднем 5—15 *км* выполнена песчано-гравийными отложениями мощностью 10—15 *м*. В низовьях вблизи оз. Балхаш мощность отложений увеличивается до 28 *м*. Коэффициенты фильтрации составляют 70—120 *м/сутки*, а коэффициент водоотдачи равен 0,20.

Глубина залегания грунтовых вод долины изменяется от 1,7 до 9,1 *м*. Ширина грунтового потока колеблется в пределах от 3—5 *км* в верховьях до 9—11 *км* в низовьях. Качество грунтовых вод меняется от пресных в верховьях (с минерализацией до 1 *г/л*) до солоноватых (3—5 *г/л* и более) в низовьях. При этом тип минерализации в большинстве своем сульфатный.

Химический анализ грунтовых вод долины по скважине у сопки Костонгол показал следующий их состав:

$$M_{0,76} \frac{S^{31}_{0,35}\, C^{13}_{0,195}\, Cl^{6}_{0,054}}{Na^{27}_{0,157}\, Ca^{17}_{0,085}\, Mg^{6}_{0,018}}.$$

Воды долины вскрыты рядом скважин, дебиты которых в среднем течении составляют 2160—2592 *м³/сутки* (25—30 *л/сек*), в низовьях — 259—691 *м³/сутки* (3—8 *л/сек*).

Общие многолетние запасы пресных и слабосолоноватых подземных вод долины равны 2 млрд. *м³*, а на 1 *км²* приходится 1,5 млн. *м³* (при общей площади в 1300 *км²*).

Эксплуатационные запасы при 50% сработки в течение 50 лет составляют 0,65 *м³/сек*. С учетом возобновляемых запасов за счет потери паводковых расходов реки и инфильтрации 10% от общегодового количества атмосферных осадков, составляющих 1,08 *м³/сек*, эксплуатацион-

ные запасы выразятся цифрой в 1,73 *м³/сутки* (3,46 *м³/сек*), а расходные модули —1 (2) *л/сек*.

В средней части долины Джамши для водоснабжения рудника Акжал, по материалам Е. А. Кожевниковой (1957), утверждены эксплуатационные запасы по категории А+В в количестве 0,6 *м³/сек*.

Воды Джамши в настоящее время используются для водоснабжения рудников Акчатау и Акжал. Эксплуатация возможна шахтными колодцами и скважинами глубиной 10—50 *м*.

Долина Моинты как вместилище подземных вод представляет интерес только в средней части, где водоносный горизонт представлен песчано-гравийно-галечниковыми отложениями мощностью 1,2—5,6 *м*. Коэффициент фильтрации равен 59 *м/сутки*, коэффициент водоотдачи — 0,018, уклон — 0,0015.

Ниже ст. Моинты (рис. 36) в разрезе водоносного аллювия преобладают мелкопесчаные фракции, мощность водоносного горизонта сокращается, и приуроченные к ним воды имеют повышенную минерализацию. В средней части долины на ее расширенных участках глубина залегания грунтовых вод, по данным А. А. Выходцева (1936), составляет 1,4—3,6 *м*. Ширина потока колеблется от 200—300 до 700—1000 *м*.

Воды пресные и слабосолоноватые, с содержанием сухого остатка 0,9—2,8 *г/л*, чаще более 1 *г/л*, особенно вблизи бортов. По составу воды сульфатно-хлоридно-натриевые.

Химический состав воды по скважине на ст. Моинты следующий:

$$M_{1,97}\,\frac{S^{24}_{0,73}\,Cl^{21}_{0,49}\,C^{5}_{0,19}}{Na^{30}_{0,45}\,Ca^{12}_{0,15}\,Mg^{8}_{0,061}}\,.$$

Дебиты скважин, пройденных в районе ст. Киик, оказались равными 97,63—368 *м³/сутки* (1,13—4,26 *л/сек*) при понижении уровня до 0,65—1,25 *м*. Производительность потока составляет 1469 *м³/сутки* (17 *л/сек*). В районе ст. Моинты расход по потоку оказался равным 8640 *м³/сутки* (100 *л/сек*).

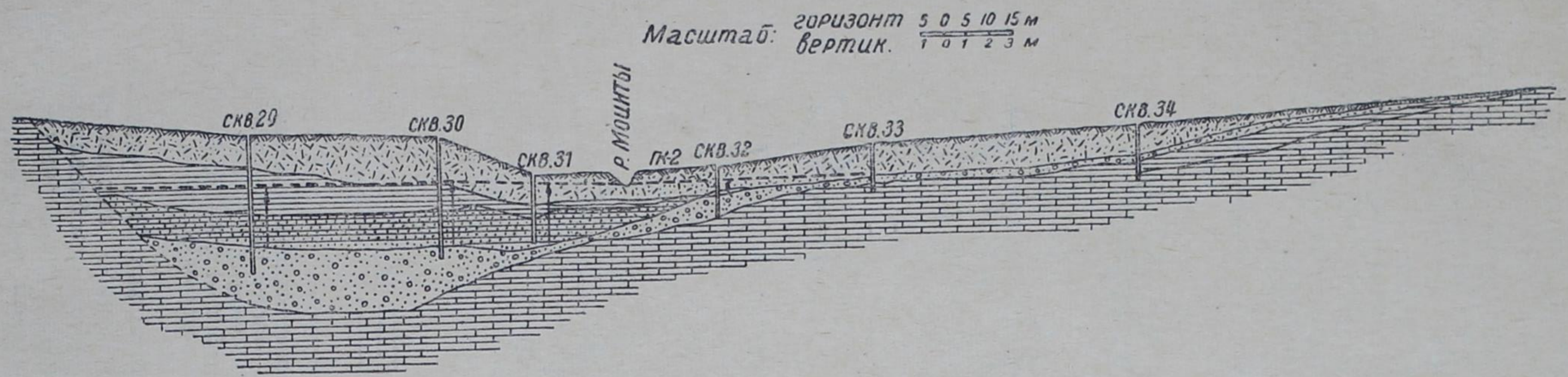
Общие прогнозные запасы грунтовых вод долины Моинты не определялись.

Грунтовые воды можно использовать лишь для целей мелкого сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения путем шахтных колодцев глубиной 5—10 *м*.

Долина Токрау является наиболее широкой в Северном Прибалхашье (рис. 37). Грунтовые воды в ней приурочены к песчано-гравийно-галечниковым отложениям мощностью в среднем течении 10—15 *м* и в низовьях 50 *м*. Ширина обводненной части аллювия достигает 20—30 *км* в низовьях и 12—15 *км* в среднем течении. Коэффициенты фильтрации в среднем, по данным Е. А. Кожевниковой (1960), составляют 100 *м³/сутки*, а коэффициент водоотдачи — 0,2.

Расходы скважин, вскрывающих аллювий, равны 3500—3900 *м³/сутки* (40—45 *л/сек*) при понижениях уровня на 2—3 *м*. Минерализация грунтовых вод изменяется как в направлении к низовьям долины, так и в ее поперечном разрезе. Преобладают воды пресные, с минерализацией до 1 *г/л* в среднем течении и до 3 *г/л* в низовьях. В бортовых частях долины и вблизи низовий, по материалам К. И. Ишмакова (1961), степень минерализации возрастает от 3—5 до 10 *г/л*.

Формулу характерных химических анализов вод по скважинам долины Токрау в верхней и средней ее частях можно записать в следующем виде:



Отметки земли	2160	1916	245	303	1124	1615	
Отметки воды	-20	+166	-605	-547	-326		
Расстояние		46	20	69	33	57	

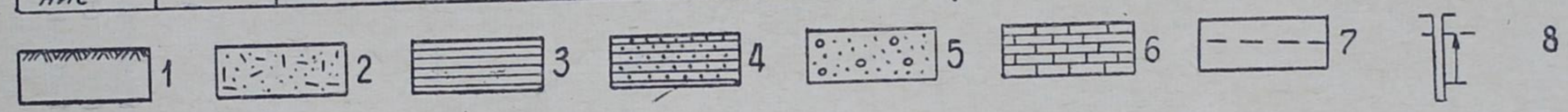


Рис. 36. Гидрогеологический разрез долины р. Моинты (в 3 *км* на север от ст. Киик).
1—растительный слой; *2*—суглинки с галькой; *3*—глины; *4*—глины песчаные; *5*—галечник с песком; *6*—известняки; *7*—пьезометрический уровень; *8*—скважины (стрелкой показана высота напора).

$$M_{(0,53-0,93)} \frac{S^{19}_{0,165}\, C^{16}_{0,17}\, Cl^{15}_{0,099} - S^{24}_{0,352}\, C^{16}_{-}\, Cl^{10}_{0,11}}{Ca^{24}_{0,086}\, Na^{18}_{0,077}\, Mg^{8}_{0,017} - Na^{23}_{0,163}\, Ca^{19}_{0,115}\, Mg^{8}_{0,033}}.$$

Грунтовые воды долины разведывались на двух участках. Утвержденные к настоящему времени в ГКЗ, по материалам Е. А. Кожевниковой (1960) и К. И. Ишмакова (1961), эксплуатационные запасы по высоким категориям определены в 2,4 *м³/сек*.

Общие многолетние запасы долины определяются в 4 млрд. *м³*, или 2,5 млн. *м³* на 1 *км²* (для низовий площадь 650 *км²*, мощность 20 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2; для среднего течения площадь 500 *км²*, мощность 15 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2).

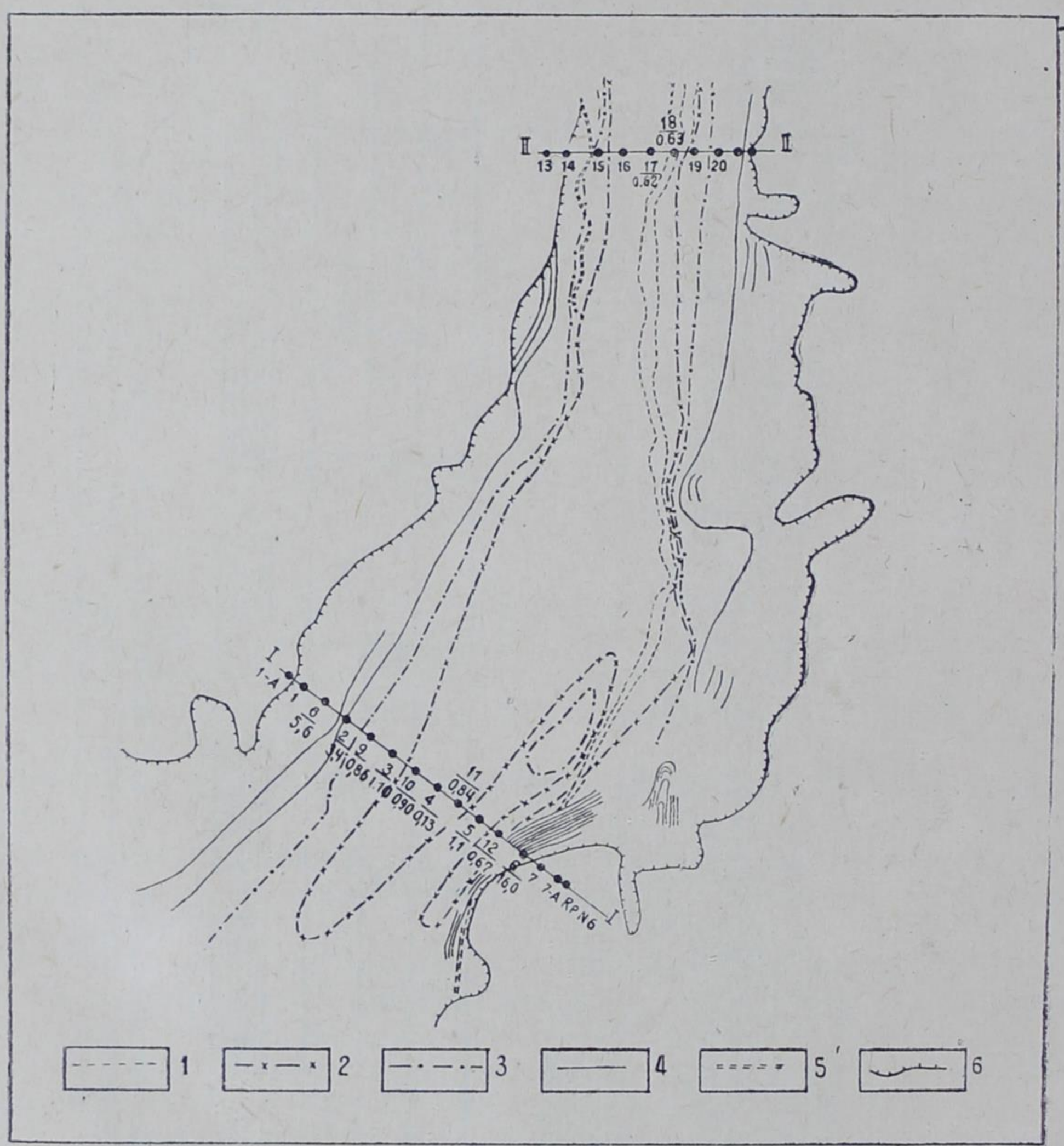


Рис. 37. Схематическая карта общей минерализации грунтовых вод долины р. Токрау (урочище Каратал) на июль—август 1956 г. (составлена по материалам Геотехконторы).

1—4—изолинии минерализации *(г/л)*: *1*—0,5; *2*—1,0; *3*—1,5; *4*—3,0; *5*—русло и протоки Токрау; *6*—коренной склон.

При непрерывном использовании только 50% указанных ресурсов в течение 50 лет эксплуатационные запасы выразятся в 1,3 *м³/сек*. Общие эксплуатационные запасы с учетом возобновляемых (2,4 *м³/сек* за счет фильтрации паводковых вод и 5% атмосферных осадков) составляют 3,7 *м³/сек* (7,4 *м³/сек* при нормальной эксплуатации). У. М. Ах-

медсафиным (1961) эксплуатационные ресурсы были определены в 4 *м³/сек*, расходные модули с 1 *км²* —3,2 (6,4) *л/сек*.

Учитывая значительные, не использованные до настоящего времени запасы грунтовых вод долины Токрау, можно предполагать, какое место они займут в деле водоснабжения населенных пунктов, промышленных предприятий и в оазисном орошении. Водозабор должен осуществляться скважинами и колодцами глубиной до 20—50 *м*.

Наряду с грунтовыми водами в средней части долины Токрау вскрыты и напорные воды, залегающие в песчано-гравийных отложениях под толщей неогеновых глин на глубине 30—40 *м*. Мощность водоносных отложений составляет 5—10 *м*. Коэффициенты фильтрации равны 50—70 *м/сутки*. Дебиты скважин на самоизливе определяются цифрой 259,2—432 *м³/сутки* (3—5 *л/сек*), а при понижении на 1 *м*— 691 *м³/сутки* (8 *л/сек*). Воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией до 1,5—3 *г/л*. Напорные воды долины р. Токрау могут использоваться совместно с грунтовыми водами для водоснабжения, водозабор можно производить скважинами глубиной до 50—70 *м*.

* * *

Общие прогнозно-эксплуатационные ресурсы грунтовых вод 4-й зоны на площади в 13 300 *км²* составляют 7,73 *м³/сек* при 50% сработки многолетних запасов в течение 50 лет с учетом возобновляемых запасов. Расходный модуль при этом равен 0,5 *л/сек* с 1 *км²*. При нормальной эксплуатации запасы выразятся цифрой 15,46 *м³/сек*, а расходный модуль — соответственно 1 *л/сек* с 1 *км²*.

При этом в расчет не приняты запасы трещинных вод осадочно-метаморфических и эффузивных пород зоны, занимающих значительные площади.

Приведенная гидрогеологическая характеристика показывает, что в пределах мелкосопочной равнины Центрального Казахстана сосредоточены значительные ресурсы доброкачественных подземных вод, которые наибольшей производительностью отличаются в пределах развития карбонатных пород, юрских конгломератов и аллювиальных галечников и песков современных и древних долин.

Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод (при 50% сработки и 50-летней эксплуатации), рассчитанные только для площади 72 000 *км²*, составляют более 56 *м³/сек*, а расходный модуль равен 0,7 *л/сек* с 1 *км²*. При нормальной эксплуатации (в дневные часы, а для орошения — в вегетационные периоды) эксплуатационные запасы выразятся величиной в 112 *м³/сек*, а расходный модуль — соответственно 1,4 *л/сек* с 1 *км²*.

X. ТЕНИЗ-КУРГАЛЬДЖИНСКАЯ СЛАБОВСХОЛМЛЕННАЯ ЗАМКНУТАЯ РАВНИНА

У. М. АХМЕДСАФИН

Рассматриваемый район представляет обширную бессточную впадину, почти со всех сторон окаймленную выходами карбоновых отложений; площадь ее составляет около 40 500 *км²*.

Плоская слабоволнистая поверхность равнины изобилует многочисленными озерами. Климат района резко континентальный, с сухим жарким летом и малоснежной холодной зимой. Среднегодовое количество осадков составляет около 250—300 *мм*, из которых на зимне-весеннее время приходится 50%.

Наиболее благоприятными для питания подземных вод являются зимне-весенние атмосферные осадки, значительная часть которых во время снеготаяния просачивается в водоносные горизонты. Летние дожди, чаще всего имеющие ливневый характер, быстро стекают и поэтому слабо участвуют в подпитывании грунтовых вод.

В районе имеются такие значительные реки с постоянным стоком, как Нура (среднегодовой расход 15 $м^3/сек$) и Ишим (среднегодовой расход 6,34 $м^3/сек$). В Ишим с юга впадают притоки р. Нуры, а с севера — реки Колутон и Джабай, стекающие с юго-восточных склонов Кокчетавской возвышенности.

Район изобилует большим количеством соленых, солоноватых и пресных озер. Наиболее крупными из них являются Тенгиз (площадь 1500 *км*) и Кургальджин (площадь 450 $км^2$).

Равнина сложена различными возрастно-литологическими комплексами пород. Для западной окраины равнины характерны карбоновые и пермские жесткие скальные породы, а для большей части ее — преимущественно третичные глинистые и песчано-глинистые образования, мощность которых достигает 70—80 *м*.

По природно-гидрогеологическим условиям в районе можно выделить территории, занятые карбон-пермскими отложениями, отложениями третичной системы и четвертичными аллювиально-озерными осадками, слагающими долины крупных рек и озер.

Территории, занятые карбон-пермскими породами, представлены слаботрещиноватыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами с подчиненным развитием известняков, эффузивов, мергелей и конгломератов. С выветрелой зоной указанных комплексов пород связаны трещинные и трещинно-пластовые подземные воды, формирующиеся преимущественно за счет просачивания зимне-весенних атмосферных осадков. В зависимости от расчлененности рельефа глубина залегания трещинных грунтовых вод колеблется в значительных пределах. В центральной части преобладают глубины порядка 5—10 *м*, в южной — 30—50 *м*, а в северо-западном углу впадины глубины достигают 50—100 *м*. На участках относительно близкого залегания трещинные воды относятся к слабосолоноватым и слабосоленым с минерализацией от 3 до 10 *г/л*.

Производительность водоносных горизонтов в зависимости от литологии водовмещающих пород и степени их трещиноватости колеблется от нескольких до 86 $м^3/сутки$ (до 1 *л/сек*). Ресурсы подземных вод пока что остаются слабоизученными.

Обширные территории Тениз-Кургальджинской равнины сложены третичными осадками. Последние представлены часто загипсованными глинистыми породами мощностью от 25 до 60 *м*. Местами в них присутствуют прослойки и линзы мелкозернистых песков. По данным С. М. Шапиро, Н. Я. Якуповой (1955) и А. В. Солнцева (1958), в междуречье Нура — Ишим широко распространены практически безводные глинистые породы неогена. Водоносными здесь являются только тонкие песчаные прослойки, содержащие сильноминерализованную воду с плотным остатком от 3—5 до 20—25 *г/л*.

Химический состав вод по колодцу № 177 (юго-западнее оз. Коскопа), колодцу № 120 (пос. Ключи) и скважине № 10 (юго-западнее пос. Астраханка) следующий:

$$M_{(3,1-4,7-25,4)} \frac{Cl^{25}_{0,84}\, S^{13}_{0,61}\, C^{12}_{0,683} - Cl^{33,5}_{1,796}\, S^{12,8}_{0,931}\, C^{3,7}_{0,341} - Cl^{44,5}_{15,8}\, S^{5}_{1,73}\, C^{0,5}_{0,12}}{Na^{31}_{0,681}\, Ca^{13}_{0,244}\, Mg^{6}_{0,07} - Na^{30,1}_{1,049}\, Mg^{10,8}_{0,198}\, Ca^{9,1}_{0,274} - Na^{25}_{5,1}\, Ca^{16}_{2,41}\, Mg^{9}_{0,2}}.$$

На отдельных участках развития неогеновых глинистых толщ изредка встречаются также небольшие линзы с пресной водой и ничтожными дебитами. Воды таких линз ввиду небольшого площадного распространения могут быть использованы только как временный источник водоснабжения небольших ферм и полевых бригад.

На древних террасах Ишима, на правобережье р. Нуры и в юго-восточной части равнины среди неогеновых глин значительное развитие получили маломощные прослои и линзы песков и песчано-глинистых пород верхнего неогена, содержащих грунтовые воды. Они залегают в основном на глубинах порядка 2—5 *м* (рис. 38). Мощность водоносных горизонтов не превышает 1—5 *м*. По качеству воды пестрые, от пресных до соленых, но чаще всего наблюдаются слабосолоноватые и солоноватые воды с плотным остатком от 1—3 до 5—7 *г/л*. По данным С. М. Шапиро и Н. Я. Якуповой (1955), в составе грунтовых вод преобладают хлоридно-натриевые и сульфатно-хлоридно-натриевые соли.

Химический состав плиоценовых вод по скважине № 15 (вблизи оз. Нарынбай) и по колодцу № 10 (юго-западнее оз. Барсен) следующий:

$$M_{(1,29-2,36)} \frac{Cl^{27}_{0,358}\, S^{15,0}_{0,254}\, C^{8}_{0,197} - Cl^{23,4}_{,667}\, S^{24}_{0,938}\, C^{2}_{0,097}}{Na^{22,1}_{0,196}\, Ca^{15,3}_{0,224}\, Mg^{12,6}_{0,058} - Na^{33}_{0,606}\, Ca^{11,6}_{0,187}\, Mg^{5,3}_{0,052}}.$$

Дебиты колодцев, опущенных в водоносные горизонты, изменяются от 1,6 до 43 *м³/сутки* (от 0,02 до 0,5 *л/сек*). Сезонная величина амплитуды колебаний уровней грунтовых вод в колодцах не превышает 1—2 *м*.

Довольно широко распространены в районе безнапорные грунтовые воды, залегающие в олигоценовых песках, обнажающихся на поверхность в западной части впадины на границе с пермскими комплексами пород. Мощность водоносного горизонта исчисляется 2—7 *м*; глубина залегания грунтовых вод не превышает 5 *м*. По качеству воды довольно пестрые, от пресных до рассолов, состав их преимущественно хлоридно-натриевый.

Характерный химический состав вод олигоцена по скважине № 11 (вблизи пос. Астраханка), скважине № 37 (западнее мог. Сопа) и скважине № 121 (севернее оз. Шункуркуль) такой:

$$M_{(6,3-23,8-41,1)} \frac{Cl^{38,9}_{2,88}\, S^{7,6}_{0,76}\, C^{3,5}_{0,427} - Cl^{44}_{13,01}\, S^{5,5}_{2,299}\, C^{0,5}_{0,11} - Cl^{45}_{23,9}\, S^{4,5}_{3,31}\, C^{0,5}_{0,159}}{Na^{32,9}_{1,595}\, Ca^{11,2}_{0,476}\, Mg^{5,8}_{0,145} - Na^{23}_{4,41}\, Ca^{20,5}_{3,41}\, Mg^{6,5}_{0,657} - Na^{22}_{7,85}\, Mg^{18}_{3,23}\, Ca^{10}_{2,69}}.$$

Производительность водоносных горизонтов от 0,8 до 17 *м³/сутки* (0,01—0,2 *л/сек*). Формирование грунтовых вод третичных пород связано главным образом с фильтрацией концентрированных зимне-весенних атмосферных осадков, временных саевых потоков, просачивающихся через пониженные участки рельефа, и отчасти с фильтрацией поверхностных вод рек и озер. Разгрузка водоносных горизонтов затруднена.

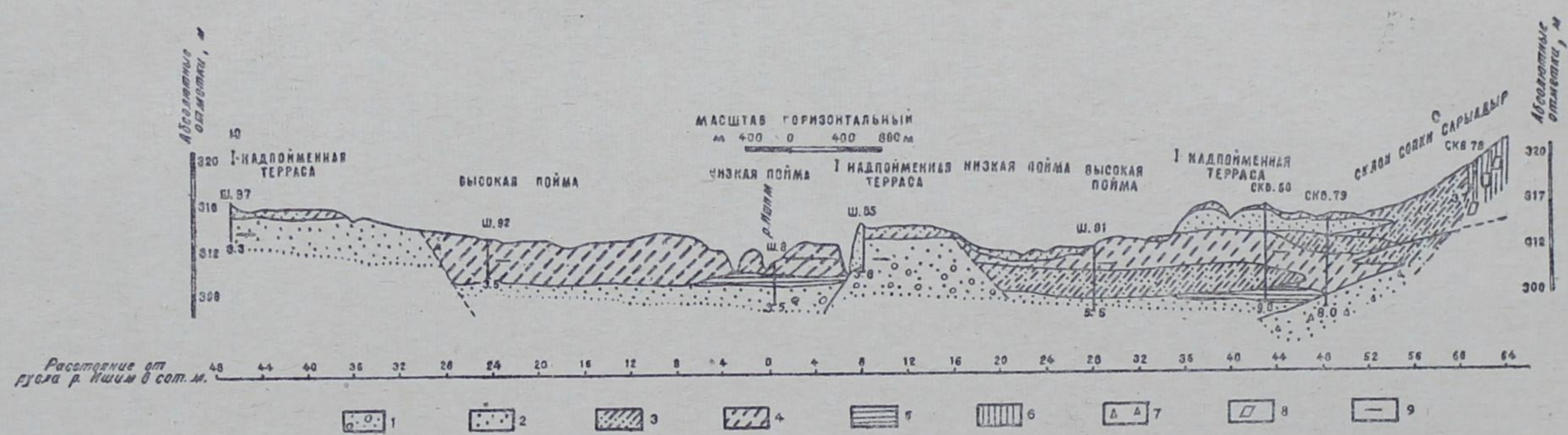


Рис. 38 Гидрогеологический профиль долины Ишима между [illegible] Зеленый Гай и Каменка (по А. Солнцеву). *1*—гравий и галька; *2*—пески; *3*—супеси; *4*—суглинки; *5*—глины; *6*—светлые и жирные глины; *7*—дресва; *8*—глыбы; *9*—уровень грунтовых вод.

Наблюдается в основном очаговая разгрузка по долинам рек, логам и озерным впадинам.

Рис. 39. Колодец у пос. Шахты (вода поступает из эоценовых песчаных отложений). *Фото А. Солнцева.*

Высокая минерализация подземных вод олигоцена при их ничтожной производительности характеризует эти воды как совершенно непригодные для практического использования.

В пределах развития третичных отложений района к разнозернистым песчаным слоям эоцена, сверху перекрытым глинистыми водоупорными породами, приурочены подземные воды напорного типа. Величина напора до 20 *м*. Водоносные горизонты мощностью от 1—2 до 10—12 *м* большей частью отличаются спорадическим распространением. Глубина залегания напорных вод колеблется от 1 до 20—50 *м*. По качеству воды изменяются от пресных до соленых, по составу — от гидрокарбонатно-магниевых до сульфатно-натриевых.

Химический состав эоценовых вод по колодцу № 5 (совхоз «Кургальджино») и колодцу № 536 (пос. Куркем) можно выразить следующей формулой:

$$M_{(0,43-1,8)} \frac{C^{46,5}_{0,518}\, S^{3}_{0,021}\, Cl^{0,5}_{0,002} - S^{27,95}_{0,734}\, Cl^{13,6}_{0,297}\, C^{8,45}_{0,28}}{Mg^{24}_{0,053}\, Ca^{22}_{0,08}\, Na^{4}_{0,017} - Na^{27,4}_{0,297}\, Mg^{20,6}_{0,395}\, Ca^{2}_{0,038}}.$$

Более качественные воды встречаются в местах, сложенных хорошо промытыми крупнозернистыми песками, и в областях питания подземных вод, находящихся ближе к бортам впадины и в пониженных участках, через которые просачиваются снеготалые и атмосферные воды и поверхностные воды рек. Производительность эоценовых напорных водоносных горизонтов в скважинах обычно не превышает 43 *м*³/*сутки* (0,5 *л/сек*) и редко достигает 86 *м*³/*сутки* (1 *л/сек*).

Запасы подземных вод Тениз-Кургальджинского бассейна ввиду спорадического распространения водоносных горизонтов и пестроты минерализации воды пока что трудно поддаются учету. Местами они могут служить источником главным образом мелкого сельскохозяйственного водоснабжения. Эксплуатировать их можно скважинами глубиной от 20—30 до 50—70 *м*. Подземные воды напорного типа имеются в районе

также и в нижележащих трещиноватых и раскарстованных палеозойских отложениях. Однако, находясь в замкнутой котловине и имея застойный режим, они отличаются высокой минерализацией, варьирующей от 29 до 141 *г/л*. Состав вод хлоридно-натриевый, с глубины 500 *м* — хлоридно-кальциевый.

Четвертичные аллювиальные отложения занимают обширные долины Нуры и Ишима, их притоков на юго-востоке и северо-востоке Тениз-Кургальджинской равнины. Они сложены преимущественно песчаными и песчано-глинистыми рыхлообломочными отложениями, местами с примесью или линзами гравия. Мощность их чаще всего не превышает 10—15 *м*. С указанными комплексами повсеместно связаны грунтовые воды, образующие единый водоносный горизонт. Мощность горизонта колеблется от 1—3 до 5—8 *м* и редко достигает 10 *м*. Формирование грунтовых вод происходит за счет фильтрации речных вод и инфильтрации атмосферных осадков. Согласно расчетам, за счет указанных источников в водоносные горизонты поступает до 5,3 *м³/сек* воды. Глубина залегания грунтовых вод в долинах рек Ишима и Нуры чаще всего составляет 2—5 *м* и только на высоких террасах р. Нуры достигает 5—10 *м*. Минерализация грунтовых вод верхних террас с более активным водообменом в гравийно-песчаных водоносных горизонтах большей частью не превышает 3 *г/л*. На нижних пойменных террасах, сложенных глинистыми осадками, плотный остаток в воде увеличивается до 3—5, иногда и более граммов на литр.

Химический состав аллювиальных вод по скважине № 78 (пос. Тынгылыкты), расположенный на верхней террасе р. Нуры, следующий:

$$M_{0,62}\,\frac{C^{38}_{0,476}\,S^{6}_{0,006}\,Cl^{6}_{0,004}}{Ca^{24}_{0,098}\,Mg^{13}_{0,033}\,Na^{13}_{0,006}}.$$

Химический состав вод по скважинам № 77 и 81 (пос. Уялы), расположенных на пойменной и первой надпойменной террасах, можно выразить формулой:

$$M_{(16,7-17,9)}\,\frac{Cl^{37}_{7,738}\,S^{12,5}_{3,595}\,C^{0,5}_{0,195} - S^{44}_{9,778}\,Cl^{5}_{1,581}\,C^{1}_{0,354}}{Mg^{2,5}_{1,533}\,Na^{15}_{2,059}\,Ca^{13,5}_{1,616} - Na^{34}_{4,913}\,Mg^{13,5}_{1,051}\,Ca^{2,5}_{0,287}}.$$

Как видно, пресные воды аллювиальных отложений р. Нуры характеризуются гидрокарбонатным составом, более минерализованные — хлоридным или сульфатным.

Воды отложений первой надпойменной террасы отличаются пестрым составом, от пресных до солоноватых, с плотным остатком до 5 *г/л*. По мере удаления от реки воды становятся сульфатно-хлоридными или хлоридно-сульфатными.

Химический состав аллювиальных вод по скважине № 18, расположенной на первой надпойменной террасе р. Ишим, следующий:

$$M_{2,95}\,\frac{Cl^{28}_{0,948}\,S^{0,5}_{0,93}\,C^{1,5}_{0,082}}{Na^{34}_{0,744}\,Ca^{8,9}_{0,17}\,Mg^{7,1}_{0,082}}.$$

Дебиты колодцев и скважин, опущенных в водоносные горизонты долины р. Ишим, варьируют от 0,8 до 258 *м³/сутки* (0,01—3 *л/сек*) и только местами (район г. Целинограда) достигают 860—1032 *м³/сутки* (10—12 *л/сек*). Коэффициент фильтрации аллювиальных водоносных пород, по данным откачек, варьирует от 20 до 160 *м/сутки*. Грунтовые воды аллювиальных отложений долин с минерализацией до 3 *г/л* обладают весьма значительными ресурсами.

В долине р. Ишим (включая верховье и среднюю часть) содержится более 6,4 млрд. $м^3$ воды. Непосредственно в Тениз-Кургальджинском районе аллювиальные отложения р. Ишим (площадь 2225 $км^2$, мощность водоносного горизонта 5 *м* и коэффициент водоотдачи 0,15) заключают многолетние прогнозные ресурсы порядка 1,7 млрд. $м^3$, или 0,7 млн. $м^3$ на 1 $км^2$. Если из указанных запасов использовать 50% в течение 50 лет, эксплуатационные ресурсы с ежегодно возобновляемыми (5,3 $м^3/сек$) составят 5,9 $м^3/сек$ (при нормальной эксплуатации расход можно довести до 11,8 $м^3/сек$). Расходные модули при этом будут равняться 2,6 (5,2) *л/сек* с 1 $км^2$.

В долине р. Нуры (в пределах района) площадью 5700 $км^2$, при средней мощности водоносного горизонта 6 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 многолетние прогнозные ресурсы пресных и слабосолоноватых грунтовых вод будут равны 5 млрд. $м^3$, или 0,8 млн. $м^3$ на 1 $км^2$. Эксплуатационные запасы составят 1,6 $м^3/сек$, при нормальной эксплуатации — 3,2 $м^3/сек$. Расходные модули соответственно будут равны 0,3 (0,6) *л/сек* с 1 $км^2$.

Таким образом, ежесекундные эксплуатационные расходы пресных и слабосолоноватых грунтовых вод аллювиальных отложений двух долин в пределах Тениз-Кургальджинского района с учетом восполняемых запасов составляют 7,5 $м^3/сек$ (при нормальном использовании — 15 $м^3/сек$), а расходные модули — 0,9 (1,8) $м^3/сек$ с 1 $км^2$. Указанные водные ресурсы могут быть использованы главным образом для водоснабжения сельскохозяйственных объектов, отчасти обводнения пастбищ и оазисного орошения с помощью шахтных и трубчатых колодцев глубиной до 5—10, реже 15 *м*.

XI. НИЗМЕННЫЕ И ПЛОСКИЕ РАВНИНЫ МЕЖДУРЕЧЬЯ ИШИМ — ИРТЫШ

У. М. АХМЕДСАФИН, С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, Ж. В. МУРТАЗИН, С. М. ШАПИРО, Н. ШАЙМЕРДЕНОВ

Рассматриваемый район занимает обширную слабоволнистую равнину (абсолютные отметки поверхности 300—400 *м*) в пределах Северного Казахстана, простираясь от Казахского нагорья до северной границы республики. На западе и востоке он ограничивается реками Ишим и Иртыш. Реки Ишим (среднегодовой расход у Петропавловска составляет 7,9 $м^3/сек$) и Иртыш (среднегодовой расход у Павлодара 830 $м^3/сек$) пересекают весь район в меридиональном направлении. Кроме указанных, здесь располагаются низовья рек Шидерты, Оленты, Чаглинки, древняя долина Камышловского лога, а также многочисленные бессточные крупные и мелкие озера с пресной, солоноватой и соленой водой. Климат района резко континентальный, с большой амплитудой колебания температур, неравномерным распределением атмосферных осадков и частыми сильными ветрами. Среднегодовое количество атмосферных осадков 300—400 *мм*. При этом около 70% их выпадает летом, в то время как в пополнении запасов подземных вод основная роль принадлежит осадкам зимнего периода.

В геологическом отношении район представляет собой область погружения палеозойского фундамента и развития мощной толщи мезо-

третичных отложений. По долинам рек распространены песчано-суглинистые аллювиальные четвертичные отложения. У северного обрамления Казахского нагорья на глубинах 100—500 *м* вскрываются меловые отложения, которые погружаются на север с постепенным уменьшением мощности. Выходы палеозойских пород на поверхность отмечаются только на крайнем юго-западе района по долинам рек Иман-Бурлук и Ишим.

В разрезе рыхлых отложений мезозой-кайнозоя преобладают глины, глинистые алевролиты, чередующиеся с песчаными отложениями. С последними в большинстве случаев связаны подземные воды грунтового и артезианского типа. По условиям залегания и приуроченности подземных вод, а также другим гидрогеологическим параметрам в пределах района представляется возможным выделить две гидрогеологические зоны: зону, тяготеющую к долине Ишима (Приишимская), и зону, тяготеющую к Иртышу (Прииртышская).

Приишимская зона

Приишимская зона охватывает восточную часть междуречья Убаган — Ишим и западную часть Ишим — Иртыш, располагаясь в пределах южной окраины Западно-Сибирской низменности.

В геологическом строении Приишимья принимают участие горизонтально залегающие отложения третичного и четвертичного возраста. Породы палеозоя развиты только на небольшом участке южнее пос. Марьевка, вдоль Ишима. Указанные отложения в той или иной степени являются водоносными.

Питание подземных вод в пределах зоны происходит как за счет инфильтрации атмосферных осадков на площадях непосредственного распространения песчаных пород, так и до некоторой степени за счет подтока подземных вод со стороны Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Горизонтально залегающие породы, слабая дренированность территории и удаленность от основных областей питания способствуют формированию в пределах Приишимья подземных вод с повышенной минерализацией, от слабосолоноватых до соленых, хлоридного состава. Вместе с тем местами имеются также пресные воды. По природно-геологическим и гидрогеологическим особенностям в пределах зоны выделяются участки междуречья Ишим—Убаган (левобережье Ишима), Ишим — Иртыш (правобережье Ишима) и долина Ишима (см. рис. 1).

Междуречье Ишим — Убаган. Весьма ограниченное распространение получили на участке жесткие скальные породы палеозоя, распространенные вдоль р. Ишим и ее притока Иман-Бурлук на юге участка. Водовмещающими породами здесь являются трещиноватые эффузивы, сланцы и гранитоиды, в которых подземные воды вскрываются в интервале глубин 5—10 *м*. Дебиты водопунктов колеблются от единиц до 43 *м*^{3}/*сутки*. Причем увеличение дебита наблюдается при полном вскрытии трещиноватой зоны. Воды пресные, с общей минерализацией до 1 *г/л*. Тип минерализации гидрокарбонатно-натриевый.

Характерный химический состав трещинных вод палеозоя по левобережью Ишима в Тимирязевском районе Северо-Казахстанской области следующий:

$$M_{0,69}\,\frac{C^{32}_{0,45}\,Cl^{15}_{0,12}\,S^{3}_{0,037}}{Na^{22}_{0,12}\,Mg^{17}_{0,047}\,Ca^{11}_{0,048}}\,.$$

Трещинные воды используются для водоснабжения небольших населенных пунктов и животноводческих ферм.

Широкое развитие по левобережью Ишима имеют глинистые отложения неогена, среди которых водоносными являются маломощные прослои и линзы мелкозернистых пород с редкой мергелистой галькой мощностью 0,5—2 *м*. Подобные водоносные прослои встречаются по всему разрезу глин. Будучи приуроченными к отдельным прослоям, подземные воды не образуют сплошного водоносного горизонта, а распространены спорадически. Глубина залегания грунтовых вод колеблется в пределах от 5—7 до 25 *м*.

Водоносные породы отличаются низкими коэффициентами фильтрации, равными 1—2 *м/сутки*, и ничтожной водоотдачей. Дебиты колодцев, по данным откачек, не превышают 0,86—2,6 *м/сутки* (0,01—0,03 *л/сек*) при понижениях уровня воды на 1—2 *м*. Воды с пестрой минерализацией, от пресных до солоноватых, с содержанием растворенных солей преимущественно от 1 до 3—5 *г/л*, большей частью хлоридно-натриевого типа. В районе озера Как минерализация достигает 3—10 *г/л* (Шапиро, 1958).

Формулы наиболее характерных химических анализов по скважинам и колодцам в поселках Боголюбово, Мамлютка и в районе озера Монгисер по левобережью Ишима такие:

$$M_{(1,07-3,17-5,17)} \frac{C^{31}_{0,73}\, Cl^{16}_{0,23}\, S^{3}_{0,053} - Cl^{35}_{1,3}\, C^{9}_{0,6}\, S^{6}_{0,31} - }{Ca^{20}_{0,16}\, Mg^{17}_{0,14}\, Na^{13}_{0,12} - Na^{32}_{0,8}\, Mg^{11}_{0,27}\, Ca^{7}_{0,15} - }$$

$$\frac{- Cl^{40}_{2,5}\, S^{6}_{0,48}\, C^{4}_{0,41}}{- Na^{31}_{1,25}\, Ca^{10}_{0,36}\, Mg^{9}_{0,34}}.$$

Анализы воды из скважин в районе озера Как показывают следующий состав:

$$M_{(2,9-11,8)} \frac{Cl^{26}_{0,92}\, S^{13}_{0,65}\, C^{11}_{0,7} - Cl^{42}_{5,5}\, S^{7}_{1,4}\, C^{1}_{0,16}}{Na^{26}_{0,61}\, Mg^{13}_{0,15}\, Ca^{11}_{0,22} - Na^{30}_{2,6}\, Ca^{11}_{1,78}\, Mg^{9,0}_{0,43}}.$$

Запасы подземных вод ничтожные, и нередко колодцы полностью вычерпываются в течение короткого времени. Вследствие отсутствия других источников водоснабжения подземные воды данного водоносного комплекса выборочно (пресные и слабосолоноватые) используются для водоснабжения небольших населенных пунктов.

Среди пород четвертичного возраста водоносными являются суглинки, супеси, тонко- и мелкозернистые пески с редкими прослоями гравия. Этот водоносный комплекс развит преимущественно на гривах, где воды вскрываются на глубинах 5—8 *м*. Мощность водоносных отложений 0,5—2 *м*. Водоупором служат глины неогена, нередко обнажающиеся в межгорных понижениях. Водоотдача пород низкая. Дебиты скважин и колодцев не превышают 1,5—2 *м*^{3}*/сутки* (сотые доли литра в секунду). По степени минерализации воды пестрые, с преобладанием пресных и солоноватых. Содержание плотного остатка от 1 до 5 *г/л*. По составу воды хлоридно-натриевые и гидрокарбонатно-хлоридно-магниевые.

Характерный химический состав их по глубоким колодцам в поселках западнее и юго-западнее озера Монгисер следующий:

$$M_{(1,36-5,13)} \frac{C^{19}_{0,40}\, Cl^{19}_{0,23}\, S^{12}_{0,22} - Cl^{36}_{2,4}\, S^{9}_{0,79}\, C^{5}_{0,6}}{Mg^{38}_{0,3}\, Na^{7}_{0,05}\, Ca^{5}_{0,360} - Na^{20}_{0,8}\, Mg^{10}_{0,48}\, Ca^{9,8}_{0,36}}.$$

Наиболее пресные воды вскрываются на северо-востоке участка, а также вдоль левобережья Ишима, степень минерализации находится

в пределах 0,8—3 *г/л*. Гидрокарбонатно-хлоридные пресные и слабосолоноватые воды широко используются для водоснабжения небольших населенных пунктов, водопоя скота и полива огородов.

Ввиду небольшой мощности водоносного горизонта, слабой водоносности пород и пестрой минерализации запасы подземных вод не подсчитывались.

Междуречье Ишим — Иртыш в западной части сложено преимущественно песками с прослоями глинистых алевролитов и глин палеогенового возраста. Водоупором служат зеленые глины чегана. Мощность обводненной части разреза колеблется от 10—15 до 50—100 *м* (рис. 40).

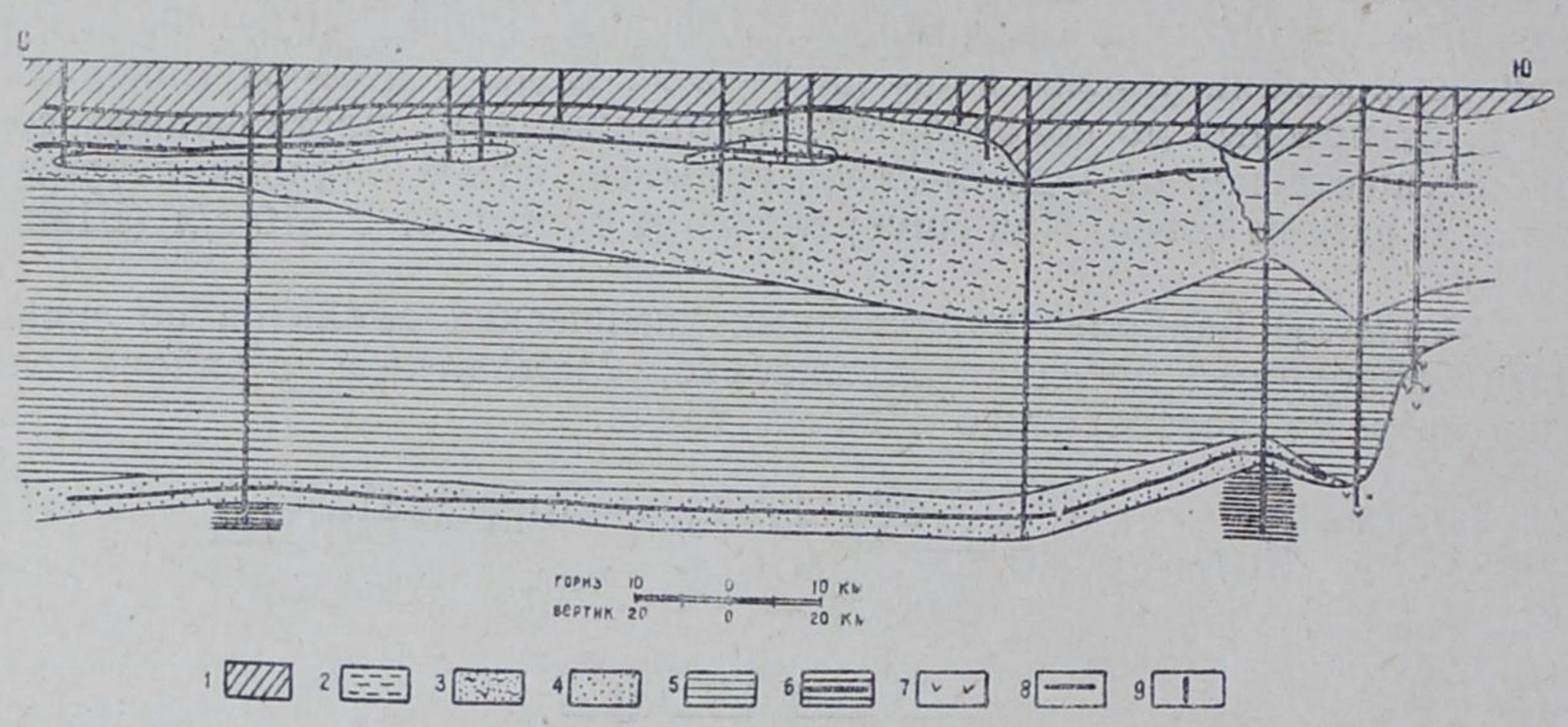


Рис. 40. Гидрогеологический профиль по линии Мамлютка—Володарское.
1—суглинки и глины с редкими прослоями песка (Q_1); *2*—глины гипсоносные, зеленовато-серые (N_1); *3*—глины, пески, алевролиты белого, серого и синего цвета с растительными остатками и углем (Pg_3^{3+2}); *4*—пески (Pg_2); *5*—глины зеленовато-серые с пиритом (Pg_3'); *6*—сланцы (Pz); *7*—эффузивы (Pz); *8*—уровень подземных вод, вскрытый скважинами в различных комплексах отложений; *9*—скважины.

В южном направлении в разрезе водоносных отложений наблюдается увеличение песчаных фракций (пески мелкозернистые) и уменьшение мощности водоносного горизонта до 5—10 *м*. Глубина залегания подземных вод находится в среднем в интервале 22—25 *м*, уменьшаясь на юге до 15—10 *м*. Нередко воды высоконапорные и напорные, на юге района они образуют Келлеровский артезианский бассейн (Ахмедсафин, 1957, 1959).

Производительность данного водоносного горизонта находится в тесной зависимости от величины водоотдачи и колеблется на юге от 8,6 до 112 *м³/сутки* (0,1—1,3 *л/сек*) при понижении уровня до 6 *м* до 69 *м³/сутки* (0,8 *л/сек*) при понижении, равном 47 *м*, на севере. В такой же зависимости находится и степень минерализации. На юге воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией преимущественно до 3 *г/л*, гидрокарбонатного состава, на северо-востоке — пестрые, с преобладанием соленых, с хлоридной минерализацией (сухой остаток от 5 до 12 *г/л*).

Формула характерных химических анализов воды из колодцев, заложенных южнее пос. Явленки и Ленинского совхоза (Советский район Северо-Казахстанской области) следующая:

$$M_{(0,64-2,7)}\ \frac{C^{37}_{0,51}\,Cl^{10}_{0,075}\,S^{3}_{0,031} - Cl^{27}_{0,86}\,S^{14}_{0,61}\,C^{9}_{0,45}}{Na^{20}_{0,13}\,Mg^{15}_{0,092}\,Ca^{15}_{0,066} - Na^{29}_{0,58}\,Mg^{13}_{0,26}\,Ca^{7}_{0,127}}.$$

Химический состав воды из скважин в совхозах «Кара-Куга» и «Чистовский» (Булаевский и Сергиевский районы) следующий:

$$M_{(5,1-12,8)} \frac{Cl^{21}_{1,3}\, S^{19}_{1,6} C^{10}_{1,1} - Cl^{40}_{6,12}\, S^{8}_{1,6}\, C^{2}_{0,57}}{Na^{27}_{1,1}\, Mg^{16}_{0,63}\, Ca^{7}_{0,25} - Na^{34}_{3,4}\, Ca^{8}_{0,69}\, Mg^{8}_{0,72}}.$$

Грунтовые воды данного комплекса могут использоваться лишь на юге, где они имеют небольшую минерализацию. На всей остальной территории в качестве источника водоснабжения они непригодны. Только в отдельных случаях могут использоваться для водопоя скота. Некоторое распространение на правобережье Ишима получили воды, приуроченные к песчано-глинистым отложениям неогена, вскрываемые на территории, прилегающей к Ишиму. Эти воды так же, как на левобережье Ишима, имеют повышенную минерализацию (3—5 *г/л*), ничтожные дебиты и могут использоваться лишь для водопоя скота, полива небольших огородов (Шапиро, 1957).

Аллювиальные отложения, представленные песчано-глинистыми четвертичными осадочными породами, выполняют широкие долины низовий Ишима, Чаглинки и Камышловского лога.

В долине Ишима водоносными являются мелкозернистые пески с супесями и суглинками мощностью 8—12 *м*.

Глубина залегания грунтовых вод 5—7 *м*, местами она уменьшается до 1—2 *м*. Дебиты колодцев, вскрывающих верхнюю часть водоносного горизонта, по данным откачек, оказались равными 8,6 *м³/сутки* (0,1 *л/сек*) при понижении уровня вод на 0,5—0,7 *м*, а коэффициенты фильтрации — 8,5 *м/сутки*. При вскрытии всей мощности водоносного аллювия дебиты из одиночных выработок могут достигнуть 26—43,2 *м³/сутки* (0,3—0,5 *л/сек*). Воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией до 2—2,5 *г/л*. Увеличение минерализации происходит к бортам долины. Тип минерализации хлоридно-натриевый.

Характерные химические анализы проб грунтовых вод долины р. Ишим, отобранных из колодцев в г. Петропавловске и пос. Соколовка, следующие:

$$M_{(2,09-1,8)} \frac{Cl^{25}_{0,64}\, S^{13}_{0,44}\, C^{12}_{0,5} - Cl^{37}_{0,41} C^{7}_{0,37}\, S^{6}_{0,26}}{Na^{19}_{0,31}\, Ca^{17}_{0,24}\, Mg^{14}_{0,215} - Na^{25}_{0,5}\, Ca^{13}_{0,22}\, Mg^{12}_{0,22}}.$$

Общие запасы подземных вод аллювия низовий Ишима (от пос. Марьевка до северной границы республики) определяются в 1,6 млрд. *м³* (площадь водоносного горизонта 3300 *км²*, коэффициент водоотдачи 0,1, мощность водовмещающей толщи 5 *м*), или 0,5 млн. *м³* на 1 *км²*. При сработке 50% статических запасов и 50-летней длительности эксплуатации секундный расход выразится цифрой в 0,5 *м³*.

Воды долины широко используются для водоснабжения населенных пунктов, расположенных вблизи долины.

Водоносный комплекс в нижнем течении Чаглинки и по Камышловскому логу представлен разнозернистыми песками с прослоями суглинков и супесей (мощность его по Чаглинке достигает 5 *м*, по Камышловскому логу —1—2 *м*). Воды залегают на глубинах 3,5—5 *м*. Максимальные дебиты колодцев 4,3 *м³/сутки* (0,01 *л/сек*), а коэффициенты фильтрации 1,8—1,9 *м/сутки* (по данным кратковременных откачек). Воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией 1—3 *г/л*, гидрокарбонатно-хлоридного типа. Грунтовые воды аллювия используются для водоснабжения населенных пунктов, животноводческих ферм. Эксплуатация грунтовых вод аллювиальной долины возможна преимущественно

шахтными колодцами глубиной 10—15 *м* и с дебитами до 86—100 *м*³/*сутки*.

Артезианские воды. Наряду с грунтовыми водами в Северном Казахстане широко распространены также и напорные воды, приуроченные к меловым и третичным разнозернистым песчаным отложениям, залегающим среди глин. Последние выполняют обширную впадину в южной части Западно-Сибирской низменности. В песчаных отложениях континентального и морского мела, вскрываемых на глубинах 500—1500 *м* (скважина в пос. Булаево), залегают высоконапорные воды с минерализацией 12—15 *г/л*. Только вблизи мелкосопочника (на юге зоны), где, очевидно, имеется подток слабоминерализованных трещинных вод палеозоя, они относятся к слабосолоноватым. В нижнетретичных отложениях также преобладают воды с повышенной минерализацией. Только на самом юге района в третичных отложениях установлен так называемый Келлеровский бассейн с пресной водой. Мощность водоносного горизонта здесь в среднем 8—15 *м*. Воды преимущественно высоконапорные, местами самоизливающиеся. Глубина залегания их в в среднем составляет 25—100 *м*. Производительность скважин, вскрывающих напорные воды, колеблется от единиц до 86,4—130 и 345—518 *м*³/*сутки* (от десятых долей до 1—1,5 и 4—6 *л/сек*). Воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией не более 1—2 *г/л*, тип минерализации гидрокарбонатно-сульфатный или же смешанный.

Общие запасы подземных вод, заключенных в Келлеровском бассейне, по У. М. Ахмедсафину, достигают 30 млрд. *м*³, или 5 млн. *м*³ на 1 *км*² площади. При сработке только 50% этих запасов в непрерывной 100-летней эксплуатации ежесекундный расход подземных вод определится примерно в 5 *м*³. Хорошее качество воды и сравнительно неглубокое их залегание позволяют широко использовать подземные воды этого бассейна для целей централизованного водоснабжения совхозов, железнодорожных станций и других крупных населенных пунктов с помощью скважин глубиной 50—120 *м*.

Прииртышская зона

Зона занимает обширную покатую аккумулятивную равнину, ограниченную с юго-запада и юга мелкосопочником Центрального Казахстана. Рельеф равнины волнисто-холмистый на юго-западе и плоский на северо-востоке, отдельные участки заняты котловинами солоноватых и соленых озер.

Зона сложена мощной толщей рыхлых отложений мезозой-кайнозойского возраста, перекрываемых четвертичными осадками. Подземные воды грунтового типа широко распространены как в пределах участков развития неогеновых, так и четвертичных отложений.

В северной части территории, являющейся основной площадью освоения целинных земель, весьма широко развиты континентальные отложения верхнеолигоценового возраста, представленные перемежающимися мелкозернистыми песками, песчанистыми глинами, алевритами с прослоями средне- и крупнозернистых песков. Мощность горизонта увеличивается с юга на север от 30—40 до 170—180 *м*.

Этот водоносный горизонт, в ряде случаев характеризующийся выдержанностью по простиранию и по мощности, заключает значительные запасы подземных вод. В смежных районах РСФСР, а в настоящее время и на характеризуемой территории указанный водоносный горизонт эксплуатируется глубокими шахтными колодцами, на которых ба-

зируется водоснабжение крупных населенных пунктов и новых совхозов (Мухамеджанов, 1955).

На водораздельных пространствах и плоских степных равнинах глубина до кровли водоносного горизонта колеблется от 25 до 50 *м*, а местами достигает 80—200 *м*. Водоносный горизонт, как правило, подстилается глинами чеганского возраста.

По склонам крупных озерных впадин Калибека, Кши- и Улькен-Кароя, Теке, Кзылкака, Селеты-Тениза, Жалаулы, Маралды и других рассматриваемый водоносный горизонт выходит на дневную поверхность или же залегает под небольшим чехлом рыхлых четвертичных отложений, представленных в основном суглинками, и имеет весьма благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков (рис. 41). На та-

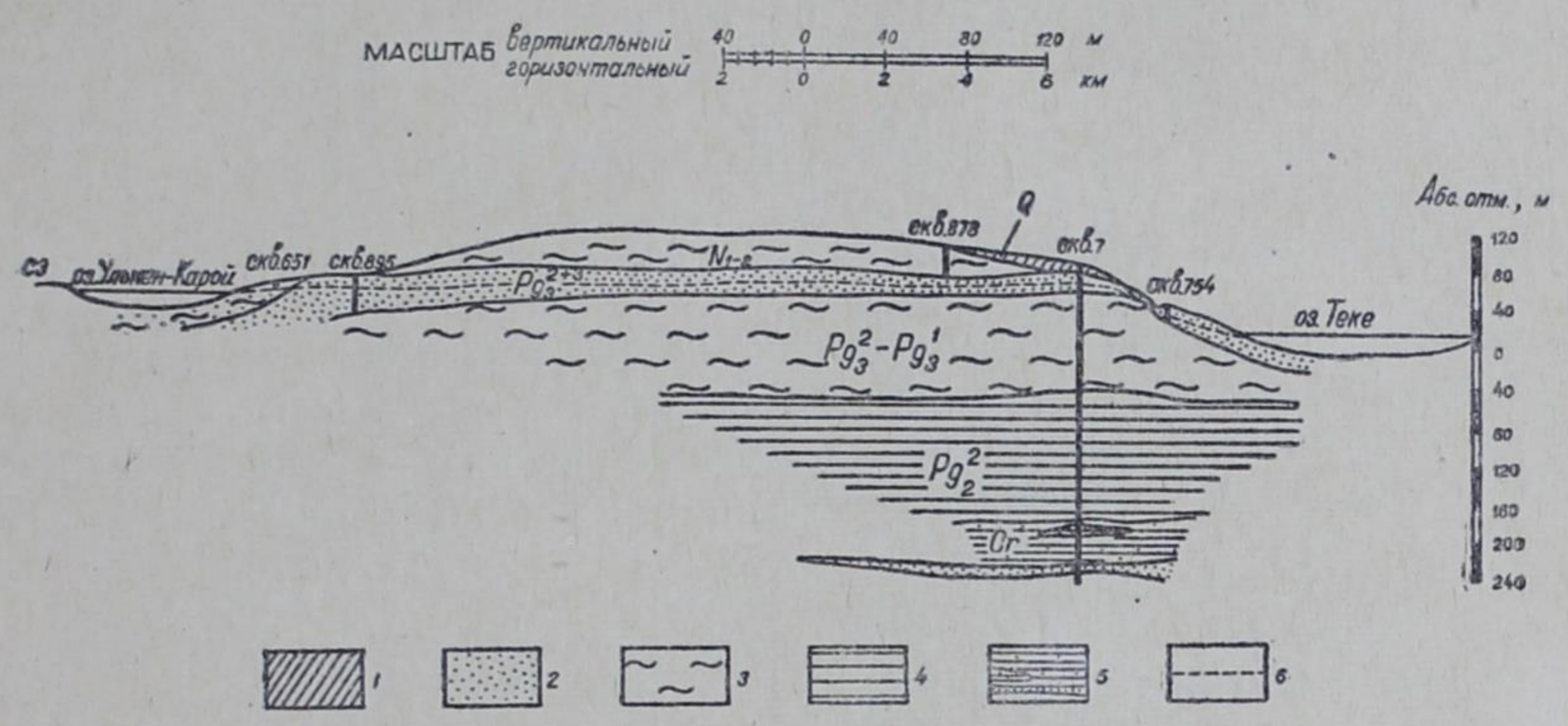


Рис. 41. Геолого-гидрогеологический разрез по линии Улькен-Карой—Теке.
1 — суглинки песчанистые; *2* — пески тонкозернистые; *3* — глины темно-зеленые; *4* — глины серые, плотные, с прослоями алевролитов и песчаников; *5*—пески разнозернистые, перемежающиеся с глинами и алевролитами; *6*—уровень грунтовых вод.

ких участках грунтовые воды залегают неглубоко и, как правило, относятся к пресным (рис. 42).

Общая минерализация воды не превышает 1 *г/л*, состав гидрокарбонатно-сульфатный.

Пробы воды из колодца, расположенного западнее озера Селеты-Тениз, и из скважины, пробуренной в колхозе «Северный маяк» (северо-западнее г. Кокчетава), показали следующий химический состав:

$$M_{(0,62-0,81)}\frac{C^{15,2}_{0,195}\,S^{14,7}_{0,147}\,Cl^{20,1}_{0,15}-C^{20,6}_{0,305}\,S^{9,4}_{0,108}\,Cl^{20}_{0,173}}{Ca^{15,4}_{0,064}\,Mg^{5,2}_{0,013}\,Na^{29,4}_{0,142}-Ca^{15,7}_{0,078}\,Mg^{17,8}_{0,053}\,Na^{16,5}_{0,092}}.$$

На территориях центральных усадеб Волгоградского, Тихоокеанского и других совхозов, где песчано-глинистый горизонт выходит на дневную поверхность, разведочными скважинами вскрыты пресные воды на глубинах от 3 до 15 *м*. Мощность песков здесь составляет 15—20 *м*. Коэффициенты фильтрации их обычно 0,4—17 *м/сутки*. Удельные расходы колодцев, опущенных в этот водоносный горизонт, выражаются цифрой 8,6 *м*³/*сутки* (0,1 *л/сек*). На остальной территории водоносный горизонт олигоценовых отложений, перекрытый мощной толщей глин, характеризуется часто напорными солоноватыми и солеными водами, причем по некоторым скважинам отмечается увеличение минерализации с глубиной.

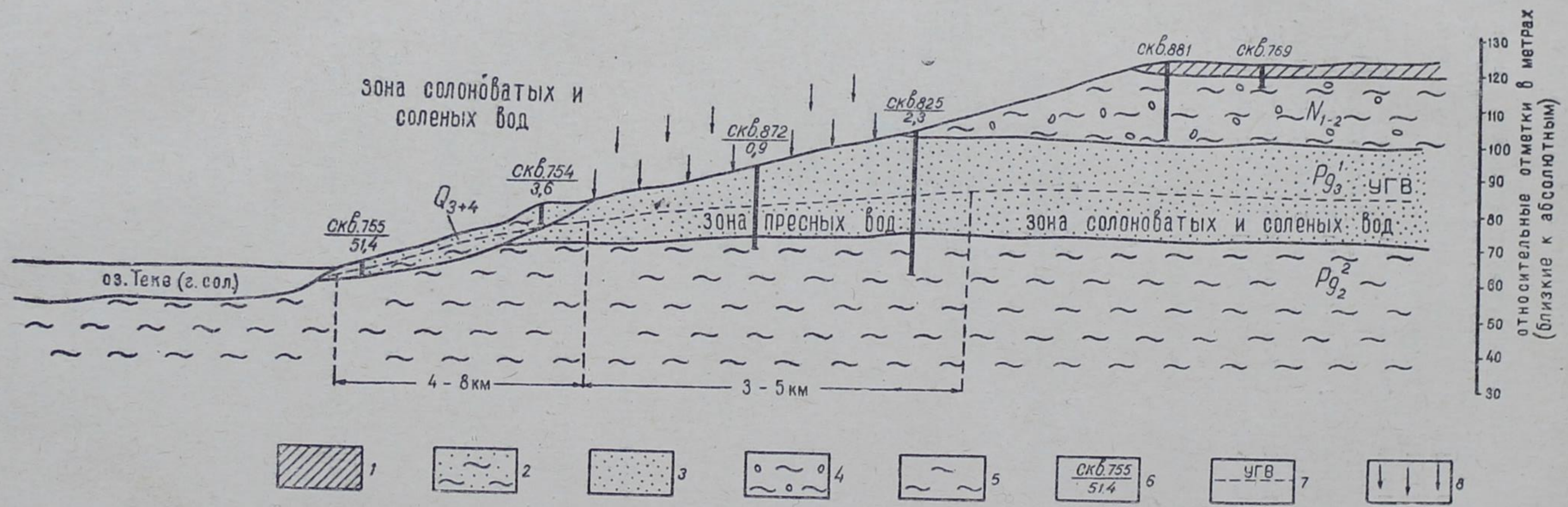


Рис. 42. Условия формирования подземных вод олигоценовых отложений в приозерной полосе.
1—суглинки; *2*—пески мелко- и тонкозернистые, глинистые; *3*— пески мелкозернистые; *4*—глины с желваками мергеля; *5*—глины с кристаллами пирита; *6*—скважина; в числителе — номер, в знаменателе— плотный остаток *(г/л)*; *7*—уровень грунтовых вод; *8*—участок питания грунтовых вод за счет атмосферных осадков.

В Абаевском зерносовхозе, расположенном у пресного озера Голубовка, на глубине 35 *м* вскрыты воды с минерализацией 2,5 *г/л*, а на глубине 45 *м* сухой остаток превысил 3 *г/л*. Более нижние горизонты континентальной толщи, по данным бурения, в совхозах им. Карла Маркса, «Шидертинский», «Коскульский» содержат соленую и горько-соленую воду с сухим остатком от 6 до 12 *г/л*.

Состав вскрытых вод следующий:

$$M_{(2,74-8,33)} \frac{Cl^{39,2}_{0,95}\, C^{10,5}_{0,44}\, S^{0,3}_{0,01} - Cl^{40,4}_{3,33}\, S^{8,5}_{0,95}\, C^{1,0}_{0,44}}{Na^{20,7}_{0,32}\, Mg^{17,8}_{0,15}\, Ca^{11,5}_{0,15} - Na^{32}_{1,7}\, Mg^{10,5}_{0,3}\, Ca^{7,5}_{0,7}}.$$

На ряде участков воды континентальной толщи по всему вертикальному разрезу остаются пресными. Так, например, в южной части Бескарагайского района, в урочище Балапан, скважиной, пробуренной Семипалатинской ГРП в 1959 г., на глубине 106 *м* вскрыты пресные воды.

Грунтовые воды континентальных олигоценовых отложений (которые иногда являются напорными) рекомендуется эксплуатировать скважинами глубиной 30—60 *м*, а в местах близкого залегания — шахтными колодцами.

Ввиду того, что олигоценовый водоносный горизонт представлен тонкозернистыми песками-плывунами, эксплуатационные колодцы необходимо оборудовать обратными фильтрами, предотвращающими заплывание и заиление колодцев, а также способствующими увеличению их производительности.

Олигоценовые воды обладают значительными ресурсами. Если принять половину площади распространения этих отложений, равной 3 тыс. *км*², среднюю мощность горизонта 15 *м*, коэффициент водоотдачи —0,1, то многолетние запасы их составят 4,5 млрд. *м*³, или 0,75 млн. *м*³ на 1 *км*².

При 50% сработки этих запасов в течение 50 лет эксплуатационные ресурсы будут равны 1,4 *м*³/*сек*, а расходный модуль —0,2 *л/сек* с 1*км*².

На рассматриваемой территории выделены практически безводные пространства общей площадью около 10,5 тыс. *км*², сложенные в основном плотными жирными глинами павлодарской, аральской и чеганской свит. В перекрывающих эти глины маломощных четвертичных отложениях не происходит накопления сколько-нибудь значительного количества воды. Однако на значительной части этой площади, по данным П. М. Фролова, М. Ф. Полякова и других, под толщей глин вскрываются напорные и самоизливающиеся подземные воды, связанные с глубоко залегающими водоносными горизонтами.

В пределах низких и высоких пойм Иртыша, его притоков и рек внутреннего стока Шидерты, Оленты и других распространены аллювиальные отложения преимущественно песчаного состава с включением гальки и гравия мощностью от 2 до 20 *м*. Коэффициенты фильтрации породы, по данным откачек, изменяются от 5—30 до 100 *м/сутки*. К этим отложениям повсеместно приурочены поровые грунтовые воды, залегающие на глубинах от 0,5 до 3—5 *м*. Ширина грунтового потока, охватывающего пойменную террасу р. Иртыша, на отдельных участках достигает 15 *км* и более. Воды пресные, местами слабосолоноватые, гидрокарбонатного состава, от русел к бортам сменяются водами гидрокарбонатно-хлоридного, гидрокарбонатно-сульфатного состава.

Характерные анализы проб вод, отобранных из колодцев в пос. Ермак и Краснокутское, следующие:

$$M_{(0,4-0,7-2,7)} \frac{C^{30,5}_{0,25}\,Cl^{10}_{0,05}\,S^{9,5}_{0,06} - C^{17,6}_{0,2}\,S^{17,1}_{0,16}\,Cl^{15}_{0,1} - }{Na^{20}_{0,06}\,Ca^{17}_{0,05}\,Mg^{12}_{0,02} - Na^{33}_{0,15}\,Ca^{8,6}_{0,03}\,Mg^{8,4}_{0,02} - }$$

$$\frac{- C^{19}_{0,98}\,S^{17}_{0,71}\,Cl^{13}_{0,41}}{- Na^{35}_{0,7}\,Mg^{12}_{0,12}\,Ca^{2}_{0,03}}.$$

Водопритоки в скважины изменяются от 86 до 860 *м³/сутки* (1—10 *л/сек*).

Прогнозные ресурсы руслового аллювия на площади 7600 *км²*, при мощности 5 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 составляют 5,7 млрд. *м³*, или на 1 *км²* приходится 750 тыс. *м³* воды. Эксплуатационные запасы при 50% сработки общих в течение 50 лет выразятся цифрой 2 *м³/сек*. Расходный модуль будет равен 0,26 *л/сек* с 1 *км²*.

Хорошо выраженную в рельефе террасовую поверхность право- и левобережья долины Иртыша и повышенной равнины в юго-восточной части района (высотная отметка 140—150 *м*) занимают аллювиальные песчаные и песчано-глинистые отложения. Ширина террасовой поверхности в южной части района равна 35—70 *км*, к северу она суживается до 10 *км*. Общая площадь ее составляет 48 тыс. *км²*. Грунтовые воды приурочены к разнозернистым пескам и супесям. Мощность водоносного горизонта в юго-восточной части колеблется в пределах от 1 до 7 *м*, а в лево- и правобережной частях — от 1 до 15 *м*. Коэффициент фильтрации пород изменятся от 0,5 до 60 *м/сутки*. Грунтовые воды преимущественно пресные, с общей минерализацией до 1, реже 3 *г/л*. По составу они относятся к гидрокарбонатно-сульфатным или сульфатным.

Химический состав этих вод следующий:

$$M_{(1,4-2,8)} \frac{C^{24}_{0,7}\,S^{15}_{0,35}\,Cl^{10}_{0,16} - S^{25}_{0,6}\,C^{13}_{0,72}\,Cl^{11}_{0,39}}{Na^{36,6}_{0,4}\,Mg^{7}_{0,04}\,Ca^{6,4}_{0,06} - Na^{32,2}_{0,76}\,Ca^{9}_{0,16}\,Mg^{8,8}_{0,1}}.$$

Дебиты скважин и колодцев, опущенных в водоносные горизонты, варьируют от 8,6 до 86 *м³/сутки* (0,1—1 *л/сек*). Режимными наблюдениями устанавливается прямая зависимость между грунтовыми и поверхностными водами. Так, в период половодья поверхностные воды, поднимаясь над меженным уровнем на 3—4 *м*, создают естественный подпор, обусловливающий общий подъем зеркала грунтовых вод района.

В меженный период, наоборот, грунтовые воды дренируются русловыми понижениями.

Прогнозные ресурсы грунтовых вод отложений террас, если взять в расчет площадь 48 000 *км²*, мощность водонасыщенной зоны 3 *м* и коэффициент водоотдачи 0,12, составят 17 млрд. *м³* (300 тыс. с 1 *км²* площади). Эксплуатационные запасы составляют 5 *м³/сек* (при нормальном извлечении — 10 *м³/сек*), а расходные модули — 0,1 (0,2) *л/сек* с 1 *км²*. При этом следует учесть, что большая часть запасов ежегодно восполняется за счет фильтрации из Иртыша и инфильтрации атмосферных осадков.

Большое практическое значение для целей централизованного водоснабжения имеют невыраженные с поверхности, но переуглубленные участки древних долин в неогеновых глинах, выполненные песчано-гравийным материалом. Одним из таких участков является район железнодорожной станции Калкаман, где установлен подземный поток с расходом более 100 *л/сек*. При этом расходы, полученные по скважинам на этом участке, составили 1550—2260 *м³/сек* (18—24 *л/сек*). Коэффициенты фильтрации, по данным Иртышской ГРП, изменялись в пределах 150—265 *м/сутки*. Минерализация воды не превышала 0,8 *г/л*, состав воды гидрокарбонатный, хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый.

Химический состав грунтовых вод этих отложений можно выразить следующей формулой:

$$M_{(0,5-0,7)}\frac{C^{26}_{0,25}\,Cl^{20}_{0,13}\,S^{8}_{0,07}-Cl^{18,5}_{0,12}\,C^{17,5}_{0,19}\,S^{13}_{0,11}}{Ca^{21}_{0,08}\,Na^{18}_{0,08}\,Mg^{9,7}_{0,02}-Na^{39}_{0,16}\,Ca^{7}_{0,02}\,Mg^{4}_{0,01}}.$$

Обширная равнинная часть левобережья Иртыша, представляющая водораздел с абсолютными отметками 120—140 *м*, сложена делювиально-пролювиально-аллювиальными песчано-глинистыми отложениями мощностью 0,5—25 *м*. Водовмещающими породами вблизи мелкосопочника являются разнозернистые, часто гравелистые или щебенистые пески мощностью от 3 до 8 *м*. Водоупором повсеместно служат неогеновые глины. Площадь выхода этих пород на дневную поверхность равна 8,2 тыс. *км*². Глубина залегания грунтовых вод находится в пределах от 0,5 до 30 *м*. Дебиты скважин и колодцев составляют 34—192 *м*³/*сутки* (0,4—2 *л*/*сек*). Общая минерализация воды изменяется от 0,3 до 3 *г*/*л*. По составу это гидрокарбонатно-натриевые, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые воды:

$$M_{(0,3-2,7)}\frac{C^{45}_{0,3}\,Cl^{4}_{0,02}\,S^{1}_{0,02}-C^{17}_{0,9}\,Cl^{16,6}_{0,52}\,S^{16,4}_{0,7}}{Na^{35,5}_{0,08}\,Ca^{10}_{0,02}\,Mg^{4,5}_{0,006}-Na^{38}_{0,76}\,Ca^{7}_{0,12}\,Mg^{5}_{0,05}}.$$

Подземные воды этих участков могут использоваться мелкими хозяйствами (фермами, бригадами) путем проходок неглубоких трубчатых и шахтных колодцев.

В понижениях и во впадинах высохших озер и низких озерных террас Кызылкака, Жалаулы, Шурексор, Жаргаш, Кызылтуз, Акбулат и других залегают песчано-глинистые отложения мощностью 1—15 *м*, содержащие грунтовые воды пестрого качества с преобладанием соленых.

В качестве примера можно привести данные анализов вод, отобранных из колодцев, расположенных в пределах приозерной равнины озера Карасор:

$$M_{(1,6-6,24)}\frac{S^{23,5}_{0,57}\,Cl^{21}_{0,38}\,C^{5}_{0,15}-Cl^{31}_{2,3}\,S^{14}_{1,4}\,C^{4}_{0,5}}{Na^{39}_{0,45}\,Ca^{6,2}_{0,06}\,Mg^{4,7}_{0,03}-Na^{-1}_{1,05}\,Ca^{17}_{0,75}\,Mg^{10}_{0,27}}.$$

Состав воды, вскрытой скважиной в прибрежной зоне озера Шурексор, следующий:

$$M_{15,2}\frac{Cl^{34}_{6,4}\,S^{15}_{3,6}\,C^{1}_{0,2}}{Na^{28}_{3,3}\,Mg^{17}_{1,0}\,Ca^{5}_{0,5}}.$$

По правобережью р. Иртыша, на участке к северу от озера Акбулат, в эрозионных углублениях, выполненных озерно-аллювиальными песчано-глинистыми отложениями, на глубинах 10—30 *м* вскрыты грунтовые воды с дебитами от 0,8 до 192 *м*³/*сутки* (0,01—2 *л*/*сек*).

Прииртышский артезианский бассейн

Глубоким бурением установлено, что в отложениях мела и палеогеновых породах выявляется несколько водоносных горизонтов (рис. 43). Конфигурация этих водоносных горизонтов почти совпадает с границей Прииртышского артезианского бассейна, прогностически выделенного У. М. Ахмедсафиным в 1954 г. Область питания водоносных горизонтов находится у предгорий Алтая и Казахского мелкосопочника, где породы

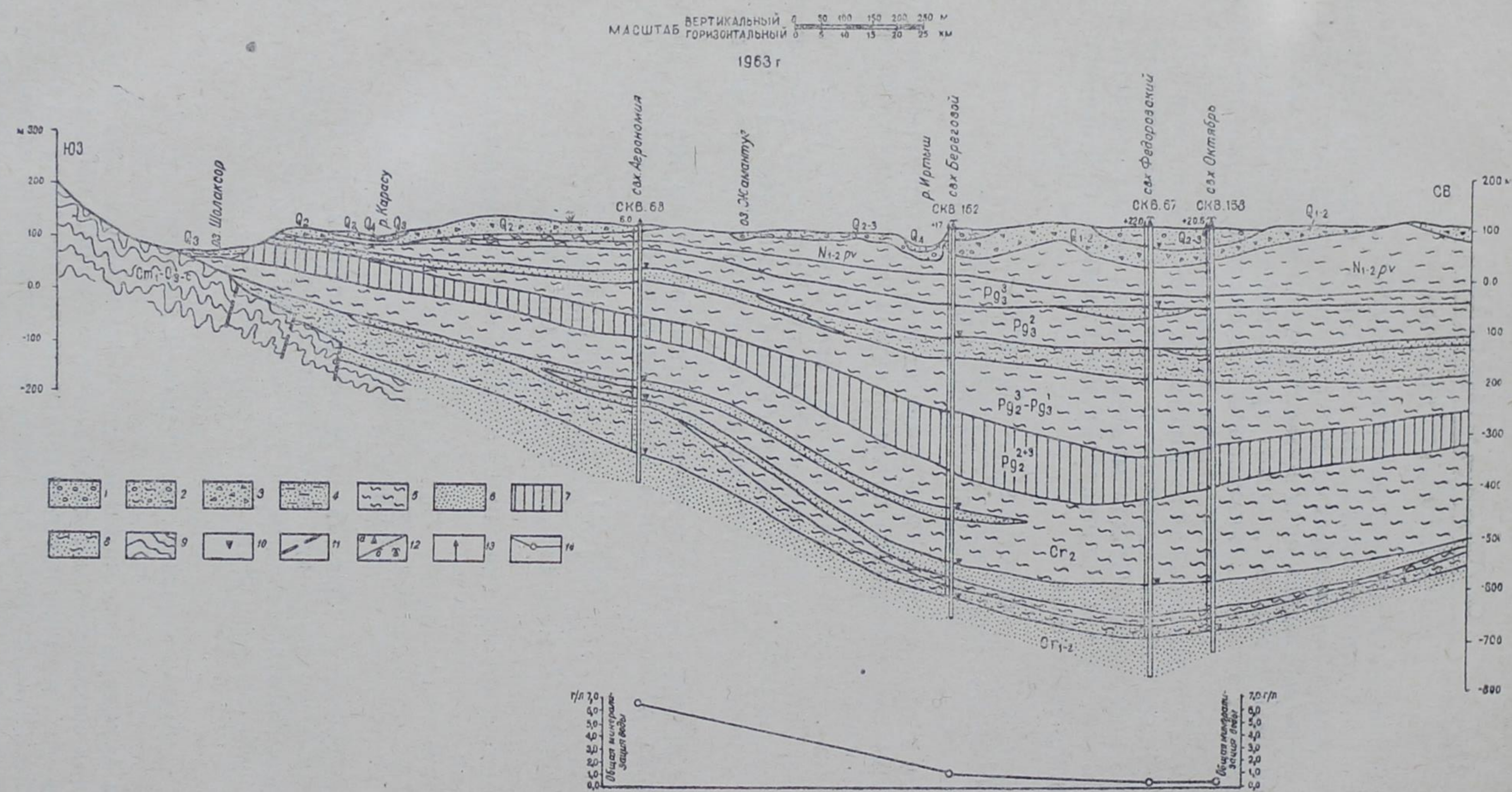


Рис. 43. Гидрогеологический разрез Прииртышского артезианского бассейна по линии Шолаксор—Кызылтуз.
1—пески гравелистые; *2*—пески глинистые, с небольшим содержанием гравия; *3*—суглинки со щебнем и гравием; *4*—илы и глины; *5*—глины, алевролиты; *6*—пески; *7*—опоковидные глины и опоки; *8*—переслаивающиеся алевролитовые глины и пески; *9*—кристаллические породы палеозоя; *10*—глубина появления воды; *11*—предполагаемые зоны разлома, *12*—скважины: *а)* напорные, *б)* самоизливающиеся; *13*—пьезометрический уровень воды; *14*—общая минерализация воды (*г/л*).

мезозоя выходят на дневную поверхность или залегают на небольших глубинах под третичными или же четвертичными отложениями. По мере удаления на север мезозойские отложения погружаются на большую глубину. Прогнозные запасы по всему бассейну с качественным подразделением на пресные, слабосолоноватые и соленые воды, а также вопросы формирования напорных вод рассмотрены в работе «Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (Ахмедсафин, 1961). В данной работе лишь кратко освещаются уточненные гидрогеологические параметры, полученные в результате глубокого бурения за последние годы.

Первый горизонт напорных вод связан с мелкозернистыми песками (с прослоями глин) коньяк-сантонских отложений (ипатовская пачка). На левобережье Иртыша мощность водоносного горизонта уменьшается с юга на север от 9 до 44 *м*. Кровля водоносного горизонта погружается при этом от 316 *м* (зерносовхоз «Приозерный») до 571—647 *м* у совхозов «Северный» и «Кутузовский», расположенных почти у северной границы Павлодарской области. Максимальный расход, полученный из скважины № 60, составил 330 *м*³/*сутки* (4,3 *л/сек*), при понижении напорного уровня на 41,7 *м*. Ряд скважин дает самоизлив с расходом 43—192 *м*³/*сутки* (0,5—2 *л/сек*). По мере погружения водоносного горизонта в северном направлении происходит увеличение общей минерализации воды. Например, сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-магниевые воды (скважина № 60) с минерализацией 2,8 *г/л* переходят в хлоридно-натриевые с минерализацией 3,2 *г/л*, местами даже 9,3 *г/л*. Иногда отмечается улучшение качества вод в связи с увеличением мощности водоносного горизонта (Корюкин, Фролов, 1959). Воды ипатовской свиты на правобережье Иртыша в юго-восточной части бассейна вскрыты целым рядом скважин на глубине от 122 до 163 *м*, а у северной границы области глубина вскрытия достигает 800—843 *м*. Мощность водоносного горизонта на правобережье р. Иртыша изменяется от 40 до 100 *м*. При этом максимальные мощности отмечаются севернее г. Павлодара; к северо-западу и юго-востоку мощности несколько уменьшаются. Дебиты скважин при откачках здесь составили от 516 до 1300 *м*³/*сутки* (от 6 до 15 *л/сек*) при понижении уровня от 20 до 40 *м*. Воды относятся к высоконапорным и самоизливающимся.

Химический состав воды этого горизонта по скважине № 15, пройденной на правобережье Иртыша и имеющей дебит 7,2 *л/сек* (0,76 *г/л*), и по скважине № 114 с дебитом 6,5 *л/сек*, расположенной на левобережье (1,04 *г/л*), следующий:

$$M_{(0,76-1,04)} \frac{C^{25}_{0,384}\, S^{12,5}_{0,153}\, Cl^{12,5}_{0,113} - S^{20}_{0,134}\, C^{17,5}_{0,31}\, Cl^{12,5}_{0,163}}{Na^{47,5}_{0,18}\, Ca^{1,5}_{0,004}\, Mg^{1,0}_{0,048} - Na^{49}_{0,40}\, Ca^{0,5}_{0,004}\, Mg^{0,5}_{0,004}}.$$

Вторыми по значению являются напорные воды апт-альб-сеноманских ярусов верхнего и нижнего мела (покурская и леньковская свиты). Воды заключены в сравнительно однородной толще мелкозернистых песков, песчаников и песчано-алевролитовых отложений. Подземные воды в этих отложениях вскрыты значительным количеством скважин как на левобережье, так и на правобережье р. Иртыша. На левобережье мощность водоносного горизонта изменяется от 10 до 90 *м*, а глубина залегания кровли горизонта лежит в пределах 503—712 *м*.

С погружением водоносного горизонта пресные сульфатно-хлоридно-натриевые воды с минерализацией 0,8 *г/л* (скважина № 61) переходят в хлоридно-натриевые с минерализацией 2,1 *г/л* (скважина № 88), в этом же направлении наблюдается и закономерное увеличение температуры воды от 18°С (скважины № 61, 503—521) до 25°С (скважины

№ 125, 712—802). Расходы в указанных скважинах изменяются в пределах 192—258 *м³/сутки* (2—3 *л/сек*) при понижении уровня от 12 до 28 *м*. Следует отметить, что более качественные и более высокопроизводительные напорные воды отмечаются в юго-западной и северо-восточной частях бассейна, что связано, по-видимому, с относительно чистыми песчаными горизонтами.

Химический состав напорных вод, по данным бурения скважины № 67, пройденной на правобережье Иртыша (0,6 *г/л*) и имеющей дебит 16 *л/сек*, и скважины № 68 с дебитом 1,7 *л/сек*, расположенной на левобережье, следующий:

$$M_{(0,6-6,7)} \frac{C^{34}_{0,40}\, S^{9}_{0.071}\, Cl^{7}_{0,06} - Cl^{37}_{2,89}\, S^{11,5}_{1,24}\, C^{1.5}_{0,195}}{Na^{49}_{0,23}\, Ca^{1}_{0,004} - Na^{42,5}_{2,17}\, Ca^{5}_{0,226}\, Mg^{2,5}_{0,068}}.$$

По данным Г. П. Корюкина, М. Т. Прадеда и П. М. Фролова (1957), здесь расходы эксплуатационных скважин при небольших понижениях уровня вод колеблются от 172 до 2840 *м³/сутки* (2—33 *л/сек*).

В третичных нижнепалеогеновых песчаных и песчано-глинистых отложениях бассейна также содержатся напорные воды. Причем относительно качественными являются они только до глубины 100—200 *м*. К пресным и слабосолоноватым с минерализацией до 1—3 *г/л* относятся воды юго-восточной части бассейна, значительная часть правобережья Иртыша (см. прогнозную схему артезианских бассейнов). По составу эти воды гидрокарбонатные, сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные. Водосодержащие горизонты юго-восточной части бассейна, нередко представленные среднезернистыми песками, показывают дебиты в скважинах от 643 до 520 *м³/сутки* (0,5—6 *л/сек*). В Семипалатинской области в отдельных скважинах были вскрыты самоизливающиеся воды с расходом до 4300 *м³/сутки* (50 *л/сек*). На остальной части бассейна водоносные породы с неоднородным, часто глинистым составом показывают расходы воды в скважинах от единиц кубометров до 86 *м³/сутки*.

Прииртышский бассейн, согласно прогнозным определениям У. М. Ахмедсафина, в меловых и третичных горизонтах без учета упругих запасов содержит до 550 млрд. *м³* пресных, слабосолоноватых и солоноватых подземных вод. Ресурсы только пресных и слабосолоноватых подземных вод составляют 450 млрд. *м³*, или 6,5 млн. *м³* с 1 *км²*.

* * *

Таким образом, в пределах рассматриваемого гидрогеологического района имеются значительные запасы пресных и слабосолоноватых грунтовых и артезианских вод. Прогнозно-эксплуатационные запасы грунтовых вод аллювиальных отложений Иртыша и Ишима и олигоценовых горизонтов определяются (в пределах района) в 9 *м³/сек* (при нормальном использовании —18 *м³/сек*).

Запасы двух артезианских бассейнов — Келлеровского и Прииртышского — составляют около 480 млрд. *м³* (пресной и слабосолоноватой) воды. При условии извлечения только половины указанных ресурсов в течение 100 лет будет возможно получить до 80 (160) *м³/сек*.

В случае 80-процентной сработки эксплуатационные запасы составят 128 (256) *м³/сек*. Указанные ресурсы широко могут быть использованы для водоснабжения многочисленных населенных пунктов и оазисного орошения десятков тысяч гектаров земель засушливого Прииртышья.

XII. ТУРГАЙСКИЕ СТОЛОВО-ОСТАНЦОВЫЕ РАВНИНЫ

У. М. АХМЕДСАФИН, А. Н. ГУБАРЕВ, Ж. С. СЫДЫКОВ, Н. Я. ЯКУПОВА

Рассматриваемый район представляет обширную территорию, простирающуюся с юга на север более чем на 1100 *м*. Она широкой — 350-километровой — полосой в меридиональном направлении отделяет Казахское нагорье от Урало-Мугоджарских гор. Рельеф поверхности с абсолютными отметками порядка 100—270 *м* имеет преимущественно равнинный характер. На юге и в центральной части он представляет собой столово-останцовую форму, на севере — увалисто-холмистую. В средней части равнины расположена возвышенность широтного направления, служащая водоразделом рек Тобола и Тургай.

Климат района резко континентальный, засушливый. Среднегодовая сумма атмосферных осадков на севере составляет 250—320 *мм*, в центральной — она уменьшается до 150—250 *мм*, а на юге — до 100—150 *мм*. В холодный период времени в северной части равнины выпадает до 20%, в центральной — до 35% и в южной — до 40—50% осадков. Они, особенно на юге, играют существенную роль в пополнении запасов грунтовых вод. На севере большое значение имеют также разовые ливневые осадки, иногда достигающие 50—70% от суммы годовых.

Гидрографическая сеть в районе развита слабо. Она представлена реками Тобол (средний годовой расход 18 *м*³/*сек*), Тургай (7 *м*³/*сек*), Убаган (3,4 *м*³/*сек*), Кара-Тургай (7 *м*³/*сек*) и Джиланчик. Течение многих рек непостоянное. Даже крупнейшие из них (Тургай, Кара-Тургай, Джиланчик) летом пересыхают, образуя цепочки плесов и озер. В юго-восточной части равнины развита сеть пересыхающих речек, балок, коротких логов и долин. Северная часть равнины богата озерами, сухими бессточными впадинами. Немало озер, особенно расположенных в центральной и южной частях, с соленой водой. Наиболее значительными из них являются Кушмурун, Убаган, Челкар, Челкар-Тениз, Аккуль, Копа и некоторые другие.

Тургайская равнина, в структурном отношении представляющая сложную систему впадин, сложена третичными осадками, которые книзу во многих местах сменяются породами мелового возраста. По долинам рек и субаэральным массивам локальное развитие получили маломощные песчаные, супесчаные и суглинистые четвертичные образования. Общая мощность мезозой-кайнозойских отложений, подстилаемых скальными породами палеозойского фундамента, варьирует от 50—300 *м* на севере и по бортам до 800—1000 *м* в центральной части впадины. Широко распространенные третичные отложения района представлены глинами, мергелями, алевритами, песками, песчаниками, реже конгломератами. Песчаные отложения, слагающие поверхность равнины или же залегающие в толще глинистых пород в виде непостоянных прослойков и линз, имеют спорадическое развитие. Это во многом сказывается на гидрогеологии района, обусловливая значительную пестроту в залегании, распределении и минерализации грунтовых вод, нередко очаговое их питание, затрудненный водообмен в водоносных горизонтах.

Гидрогеология района все еще остается слабоизученной, что затрудняет дробное расчленение важнейших параметров подземных вод в пространстве. Поэтому характеристика грунтовых вод района большей частью дается нами на основе данных личных исследований некоторых авторов, а также анализа литературных и фондовых источников, т. е. в общем аспекте. В соответствии с природно-геологическими условиями

здесь может быть выделено несколько существенно отличных друг от друга природно-гидрогеологических зон: северная степная, наиболее увлажненная; центральная полупустынная и сухая степная; пустынная зона. Первая из указанных зон описана У. М. Ахмедсафиным и А. Н. Губаревым при участии Н. Я. Якуповой, вторая — У. М. Ахмедсафиным, А. Н. Губаревым и Ж. С. Сыдыковым и третья — У. М. Ахмедсафиным.

Северная степная зона

Степная зона охватывает обширную территорию севернее Тобол-Тургайского водораздела, проходящего на юге примерно по 51° с. ш. Характерной особенностью зоны является расчлененность рельефа — ее пересекают довольно глубокие (30—80 *м*) долины Убагана и Тобола, ряда других небольших рек и крупные лога. Здесь выпадает самое большое количество атмосферных осадков в районе (250—320 *мм* в год).

Подземные воды, преимущественно безнапорного, местами слабонапорного типа, связаны на крайнем западе зоны с трещиноватыми допалеозойскими и палеозойскими породами, а на левобережье Тобола и в междуречьях Уй—Тобол, Убаган — Ишим — с широко распространенными верхне- и среднеолигоценовыми, отчасти спорадически развитыми неогеновыми отложениями. В долинах рек развиты грунтовые воды, приуроченные к четвертичным рыхлообломочным отложениям.

В предгорной равнине Восточного Приуралья допалеозойские и палеозойские породы выходят на поверхность или же имеют делювиально-элювиальный чехол мощностью до 3—10 *м*. Они представлены изверженными, метаморфическими и осадочными комплексами пород. К их выветрелой трещиноватой зоне мощностью до 40—60 *м*, местами до 80 *м*, повсеместно приурочены безнапорные и слабонапорные трещинные и трещинно-карстовые воды, формирующиеся за счет снеготалых вод и летних ливневых осадков. Расчлененный рельеф местности способствует не только пополнению подземных вод, но и активной циркуляции и хорошему водообмену в водоносных горизонтах. Глубины залегания подземных вод в зависимости от рельефа изменяются от нескольких до 15 *м*; но преобладают глубины порядка 5—10 *м*. В большинстве случаев воды обладают хорошим качеством с сухим остатком 0,5—1,0 *г/л*, реже 1,5—2,6 *г/л*. Состав вод хлоридно-кальциевый и гидрокарбонатно-натриевый.

Химический состав вод по скважине № 10, севернее пос. Бурли и № 72, юго-западнее ст. Саламат (центральная усадьба Уренского совхоза), следующий:

$$M_{(0,69-0,75)}\ \frac{Cl^{26,5}_{0,201}\,C^{20,5}_{0,268}\,S^{3}_{0,002} - C^{26,5}_{0,357}\,Cl^{17,5}_{0,137}\,S^{6}_{0,062}}{Ca^{22}_{0,095}\,Mg^{16,5}_{0,044}\,Na^{11,5}_{0,051} - Na^{20}_{0,094}\,Mg^{17}_{0,045}\,Ca^{13}_{0,059}}.$$

С погружением палеозойских пород качество подземных вод постепенно ухудшается.

Производительность водоносных горизонтов во многом определяется петрографическим составом водовмещающих пород и степенью их трещиноватости. Среди них наибольшей водообильностью отличаются гранитоиды. Причем особенной водообильностью выделяются жильные, дайковые зоны, а также контакты пород. Скважины в них показывают дебиты от 43 до 172—344 *м³/сутки* (от 0,5 до 2—4 *л/сек*). Эффузивные и эффузивно-осадочные породы, обладающие меньшей трещиноватостью, характеризуются более низкой производительностью. По данным геологических исследований (Д. Д. Топорков, П. А. Литвин, М. В. Бунтина и

др.), в Джетыгаринском районе и севернее выделяется ряд региональных тектонических разломов меридионального простирания, прослеживающихся на десятки и сотни километров. Они являются мощными коллекторами подземных вод, движущихся в сторону Тургайской впадины, и поэтому характеризуются большой водоносностью. Скважины здесь показывают дебиты, достигающие 500—700 *м³/сутки* (6—8 *л/сек*). Производительность вод может возрастать (до 1300—1800 *м³/сутки*) в скважинах, расположенных в местах пересечения разломами карстующих известняков и трещиноватых песчаников. В Соколовском железорудном месторождении при незначительном понижении уровня из закарстованных известняков было получено до 4800—6000 *м³* воды в сутки.

Трещинные воды обладают значительными многолетними запасами, достигающими 12 млрд. *м³*, или 0,7 млн. *м³* на 1 *км²* (в расчет приняты $^2/_3$ площади распространения трещинных вод, равные 14 тыс. *км²*, мощность водонасыщенной зоны 50 *м* и средняя величина водоотдачи 0,015). При извлечении половины указанных ресурсов в течение 50 лет эксплуатационные расходы составят около 3,3 *м³/сек*, а расходный модуль —0,2 *л/сек* с 1 *км²*. При нормальной эксплуатации с перерывами расход можно довести до 6,6 *м³/сек*, а расходный модуль — до 0,4 *л/сек* с 1 *км²*. Последний соответствует величине, равной нижним пределам водопритоков из скважин.

На участках развития подземных вод допалеозоя и палеозоя местами спорадически распространены также грунтовые воды делювиально-элювиальных песчано-глинистых отложений типа верховодки. С водами скальных пород они часто образуют единый водоносный горизонт, залегающий на глубине 5—8 *м*, минерализация их небольшая (до 1,2 *г/л*), производительность не превышает 2—5 *м³/сутки* (0,03—0,06 *л/сек*).

Левобережье Тобола сложено в основном континентальными верхне- и среднеолигоценовыми песчаными, песчано-глинистыми отложениями мощностью от 3—5 до 15—29 *м*. Неогеновые, более глинистые образования развиты отдельными пятнами в юго-восточной его части. Грунтовые воды, связанные с континентальным олигоценом, часто носят безнапорный характер и имеют направление движения, близкое к северо-восточному. Разгрузка грунтовых вод происходит в долинах Тобола, Кундузды и др. Глубины залегания их колеблются от 5 до 10 *м*. Минерализация грунтовых вод на участках, сложенных песками, не превышает 0,5—1 *г/л;* состав воды гидрокарбонатно-магниевый и сульфатно-натриевый.

Химический состав вод по скважинам № 217 (центральная усадьба Джангильдинского совхоза) и № 9 (пос. Веселый) следующий:

$$M_{(0,58-0,7)}\,\frac{C^{36,5}_{0,366}\,Cl^{9}_{0,05}\,S^{4,5}_{0,034}-S^{22}_{0,253}\,C^{23}_{0,233}\,Cl^{3}_{0,023}}{Mg^{33}_{0,066}\,Ca^{13,5}_{0,044}\,Na^{3,5}_{0,011}-Na^{25}_{0,117}\,Ca^{15}_{0,064}\,Mg^{10}_{0,028}}.$$

В тонкозернистых песках и алевритах распространены воды с сухим остатком преимущественно 1—2 *г/л* пестрого химического состава. Характерный состав вод по скважине № 204 (центральная усадьба Введенского совхоза) можно выразить формулой:

$$M_{1,39}\,\frac{Cl^{20,5}_{0,293}\,S^{15}_{0,290}\,C^{14,5}_{0,354}}{Na^{21,5}_{0,238}\,Ca^{22,5}_{0,201}\,Mg^{6}_{0,021}}.$$

В местах покрова неогеновых глин значительной мощности минерализация воды повышается до 3—5 и даже до 10—50 *г/л* (см. рис. 2). Производительность водоносного горизонта в зависимости от литологи-

ческого состава пород чаще всего колеблется по скважинам от 35 до 52 *м³/сутки* (0,4—0,6 *л/сек*), в отдельных местах достигает 172 *м³/сутки* (2 *л/сек*). Расходы колодцев, вскрывающих только верхушки водоносного горизонта, составляют всего 1—5 *м³/сутки* (0,01—0,06 *л/сек*).

Левобережье Тобола обладает значительными многолетними ресурсами. Если, учитывая палеогеографию района, допустить, что песчаные и песчано-аргиллитовые отложения развиты только на 1/2 площади (13 000 *км²*), средняя мощность водоносного горизонта олигоцена равна 5 *м* (вскрывается от 3 до 29 *м*), а водоотдача — 0,10, тогда эти ресурсы выразятся величиной порядка 5 млрд. *м³*, или 0,4 млн. *м³* на 1 *км²*. Непрерывное извлечение только 50% этих ресурсов на протяжении 50 лет позволит получить около 1,6 *м³/сек* воды (при нормальной эксплуатации с перерывами расход можно довести до 3,2 *м³/сек*). Расходные модули составят при этом соответственно 0,12 (0,24) *л/сек* с 1 *км²*.

Формирование грунтовых вод участка происходит за счет снегогалых вод и ливневых дождей. Допуская, что на инфильтрацию идет только 5% годового количества осадков и просачиваются они, как это установлено П. С. Галкиным и Е. Ф. Галкиной, в юго-восточной части описываемой зоны только на четвертой части площади (6500 *км²*), ежесекундные возобновляемые запасы выразятся цифрой около 2,5 *м³*. Таким образом, общие (вековые и возобновляемые) прогнозные эксплуатационные запасы пресных и слабосолоноватых грунтовых вод участка составляют порядка 4(8) *м³/сек*, а расходные модули —0,3 (0,6) *л/сек* с 1 *км²*. В целом расходные модули близко совпадают с дебитами скважин, показывая, что расчеты не являются завышенными.

Грунтовые воды континентальных олигоценовых отложений широко используются сейчас для водоснабжения целинных совхозов. Впредь они могут эксплуатироваться с помощью скважин глубиной порядка 10—30 *м* или шахтными колодцами с хорошо оборудованными фильтрами.

Междуречье Тобол—Убаган (до Тобол-Тургайского водораздела) сложено как континентально-олигоценовыми, так и неогеновыми озерными отложениями. Первые представлены преимущественно невыдержанными по составу и простиранию мелко- и тонкозернистыми песками, алевритами, которые обнажаются на поверхности в северо-западной, центральной частях и особенно широко южнее железной дороги Карталы — Кушмурун. Мощность отложений колеблется от 20—25 *м* на севере до 40—50 *м* на юге. Неогеновые образования, состоящие преимущественно из глинистых и песчано-глинистых пород аральской свиты, обнажаются в восточной и центральной частях водораздела. Мощность их колеблется в пределах от 6 до 10 *м* и редко достигает 15—20 *м*. Они местами перекрывают олигоценовые отложения, ухудшая гидрогеологические условия участка.

Основным, широко распространенным горизонтом, содержащим слабонапорные и безнапорные воды, являются олигоценовые песчаные, песчано-алевритовые отложения. Мощность водоносного горизонта чаще всего колеблется от 3—5 до 10—13 *м*, местами достигает 25 *м*. Однако, по данным А. Л. Яницкого (1954), Д. Д. Топоркова и Е. П. Мельниковой (1958), в древних погребенных долинах в районах Лисаковки и железной дороги Карталы — Кушмурун мощность верхнеолигоценовых (чаграйских) водонасыщенных песков достигает 20—50 *м*. На значительных площадях грунтовые воды приурочены также к неогеновым песчано-глинистым отложениям.

Формирование подземных вод междуречья происходит как путем сплошной инфильтрации (в местах обнажения песчаных пород), так и концентрированной очаговой инфильтрации в понижениях, особенно зимне-весенних и осенних атмосферных осадков. Образующийся при

этом веерообразно расходящийся подземный поток, направленный на север в виде источников и мочажин, разгружается в долинах рек Тобола и Убаган (Гармонов и др., 1961). Расходы источников составляют 26—43 *м³/сутки* (0,3—0,5 *л/сек*). Воды олигоценового горизонта южнее железной дороги Кушмурун — Карталы разгружаются также впадинами озер Тентексор, Карасор, Аласор и др.

В местах сплошного покрова неогеновых глин воды приобретают напор, достигающий 10 *м*. Глубина залегания грунтовых вод чаще всего составляет 5—12 *м*.

Качество подземных вод междуречья неоднородное. На севере и вблизи р. Тобола в местах обнажения или близкого залегания олигоценовых песчаных отложений минерализация их не превышает 1—2 *г/л*, состав вод гидрокарбонатно-кальциевый, сульфатно-натриевый.

Химический состав воды по скважине № 15 (пос. Маковка) и скважине № 56 (пос. Степановка) выражается следующей формулой:

$$M_{(0,79-1,98)} \frac{C^{35}_{0,476}\, Cl^{13,5}_{0,106}\, S^{1,5}_{0,012} - S^{25,5}_{0,693}\, C^{17,5}_{0,598}\, Cl^{7}_{0,135}}{Ca^{22,5}_{0,100}\, Mg^{16}_{0,043}\, Na^{11,5}_{0,057} - Na^{27,5}_{0,349}\, Mg^{12}_{0,083}\, Ca^{10,5}_{0,117}}.$$

На участках развития неогеновых покровных глин и в самих неогеновых породах восточной части междуречья минерализация воды повышается до 3, иногда даже 5—10 *г/л*, а состав воды при этом хлоридно-гидрокарбонатный и даже хлоридный. Из катионов преобладают магний и натрий.

Химический состав воды по скважине № 51 (пос. Кумтюбе) такой:

$$M_{9,8} \frac{Cl^{23}_{4,635}\, C^{21}_{2,273}\, S^{6}_{0,438}}{Mg^{20,5}_{1,334}\, Na^{18,8}_{0,393}\, Ca^{10,7}_{0,542}}.$$

По данным И. В. Гармонова и др. (1961), пресные воды с минерализацией менее 1 *г/л* и гидрокарбонатно-натриевого состава распространены на юге — вблизи дренирующих озер, на склонах долин, в местах отсутствия неогеновых глин и в древних долинах. Широкое развитие пресных грунтовых вод в указанном районе подтверждается также данными разведочного бурения.

Производительность водоносных горизонтов различная. Высокие расходы скважин, варьирующие от 260 до 1200 *м³/сутки* (3—14 *л/сек*), отмечены в древних долинах (районы Лисаковки, Апановки, Казанбасов). Коэффициент фильтрации при этом изменяется от 15 до 21 *м³/сутки* (Мельникова, 1958). Вне пределов древних долин наиболее распространенные водопритоки в скважины составляют 17—86 *м³/сутки* (0,2—1 *л/сек*). Максимальные расходы достигают 86—172 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*) (Губарев, 1956).

Междуречье Тобол— Убаган обладает значительными многолетними и возобновляемыми ресурсами. При условии распространения более эффективных песчаных и песчано-аргиллитовых водовмещающих горизонтов только на половине площади развития пресных и слабосолоноватых вод междуречья, равной 25 000 *км²*, при средней мощности водоносных горизонтов 5 *м* и минимальной водоотдаче 0,10, прогнозные запасы составят около 12 млрд. *м³*, или 0,25 млн. *м³* на 1 *км²*. Непрерывное извлечение 50% этих ресурсов в течение 50 лет позволяет рассчитывать на получение 4 *м³/сек* пресных и слабосолоноватых, реже солоноватых вод (при нормальной эксплуатации расход можно довести до 8 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 0,08 (0,16) *л/сек* с 1 *км²*. Исходя из того, что инфильтрация зимне-весенних, осенних осадков и

ливневых дождей будет происходить только на четвертой части площади развития пресных и слабосолоноватых грунтовых вод (6700 *км*²) в размере 5% от годовых сумм (15 *мм*), возобновляемые запасы подземных вод составят около 3 (6) *м*³/*сек*. Общие прогнозные вековые и возобновляемые запасы по междуречью измеряются, таким образом, величиной 7 (14) *м*³/*сек*. Расходные модули будут равны при этом 0,24 (0,48) *л*/*сек* с 1 *км*². Учитывая, что наиболее распространенные водопритоки в скважины варьируют в пределах 17—86 *м*³/*сутки* (0,2—1 *л*/*сек*), можно считать указанные расходные модули соответствующими действительности.

Разведочными и опытными работами, проведенными в последние годы, даже на небольших участках выявляются весьма значительные эксплуатационные ресурсы вод. Так, например, в районе Лисаковского месторождения утвержденные запасы равны 0,6 *м*³/*сек*. В пос. Рудный по категории А утверждены запасы в размере 0,05 *м*³/*сек*. На участке г. Кустанай — пос. Викторовка площадью 177 *км*² в верхнеолигоценовых песках разведаны запасы, равные 0,5 *м*³/*сек*. По результатам исследования В. З. Гонтар и В. С. Сергиевой, многолетние ресурсы грунтовых вод в полосе распространения Лисаковского месторождения выражаются цифрой 2,47 млрд. *м*³. Использование только половины этих ресурсов вместе с ежегодно возобновляемыми (0,4 *м*³/*сек*) позволит получить эксплуатационные расходы в размере 1,2 (2,4) *м*³/*сек* пресной воды.

В целом воды континентальных олигоценовых отложений левобережья Тобола и междуречья Тобол — Убаган могут служить крупным источником питьевого и хозяйственного водоснабжения. Они могут эксплуатироваться скважинами и шахтными колодцами (с гравийными фильтрами), заложенными на глубине до 20—30 *м*. В чаграйских песках водопритоки в скважине будут варьировать от 430 до 1726 *м*³/*сутки* (5—20 *л*/*сек*).

Междуречье Убаган — Ишим сложено континентальными олигоценовыми отложениями мощностью от 25 *м* на юге до 80 *м* на севере. В центральной части водораздела мощность пород уменьшается до 10—15 *м*. Залегают они на чеганских водоупорных породах, а сверху почти повсеместно прикрыты неогеновыми (аральскими) глинами мощностью до 30 *м*.

Водоносные олигоценовые породы представлены тонкозернистыми песками, алевритами, песчаными глинами мощностью от 1 до 5—8 *м*.

Коэффициент фильтрации пород от 3,3 до 5,2 *м*³/*сутки*. Ввиду того, что глинистый покров состоит из отложений неогена, условия формирования подземных вод, за исключением южных и северных участков междуречья, весьма неблагоприятные; формирование их происходит, по-видимому, как за счет подтока подземных вод со стороны Казахского нагорья, так и изредка путем концентрированного просачивания атмосферных осадков. Олигоценовые осадки, слагающие левый берег Убагана, вследствие обнажения на поверхности имеют более благоприятные условия питания за счет атмосферных осадков. Движение подземных вод исключительно замедленное. Направление его, по-видимому, близкое к северному. В прибрежной части олигоценовые воды направлены к долине р. Убаган, где они разгружаются в виде мочажин или источников, расходы которых достигают 172—430 *м*³/*сутки* (2—5 *л*/*сек*). Они часто имеют напорный характер, глубина залегания их колеблется от 10 до 30 *м*, местами даже 50 *м*. Минерализация грунтовых вод в центральной части междуречья часто составляет 3—10, 5—10 *г*/*л*, а состав хлоридно-натриевый и хлоридно-сульфатно-натриевый. В хорошо дренированных узких участках, прилегающих к долинам рек Ишим и Убаган, местами на

севере минерализация воды уменьшается до 1—3 и 3—5 *г/л*, приобретая сульфатно-гидрокарбонатный и хлоридно-гидрокарбонатный состав:

$$M_{(1,5-3,2)} \frac{S^{21,6}_{0,56}\, C^{17,9}_{0,42}\, Cl^{10,5}_{0,18} - Cl^{26,5}_{1,65}\, C^{20,7}_{1,06}\, S^{2,8}_{0,11}}{Na^{35,5}_{0,20}\, Mg^{10,7}_{0,13}\, C^{3,8}_{0,08} - Na^{31,4}_{0,71}\, Mg^{10}_{0,25}\, Ca^{8,6}_{0,09}}.$$

В южной части междуречья минерализация остается повышенной, только в местах вскрытия континентального олигоцена по долинам речек и саям (Курамурза, Тюнтюгур, Кундузды и др.) встречаются пресные воды с минерализацией менее 1 *г/л*. Дебиты колодцев часто измеряются десятыми долями, даже несколькими кубометрами в сутки. На юге междуречья, в вышеуказанных долинах речек, производительность скважин увеличивается до 86—172 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*). На восточном берегу оз. Кушмурун олигоценовые воды образуют серию источников с суммарным дебитом 1290 *м³/сутки* (15 *л/сек*).

На участках озер Сармоин и Куюккуль П. С. Галкиным и Е. Ф. Галкиной установлено, что на 25% исследованной территории, равной 1300 *км²*, имеется мощный горизонт олигоценовых песков, содержащих пресную воду с минерализацией 0,1—0,3 *г/л*. Эти воды питают многочисленные источники с суммарным расходом 10 320 *м³/сутки* (120 *л/сек*). Дебит отдельных источников достигает 430 *м³/сутки* (5 *л/сек*). По данным этих авторов, возобновляемые запасы вод участка составляют около 1 *м³/сек*, а вековые и многолетние запасы их, по-видимому, превышают 0,5 (1) *м³/сек*. В целом гидрогеологические условия междуречья (за исключением участков, прилегающих к долинам рек Убаган, Ишим, небольших речек, а также таких площадей обнажения олигоцена, как это наблюдается в районе озера Сармоин и отчасти на севере) для получения грунтовых вод удовлетворительного качества и необходимого количества являются малоблагоприятными. Частичное удовлетворение нужд народного хозяйства на этих участках возможно за счет вод озер, временных саевых потоков, местами верховодки в суглинистых четвертичных отложениях и опреснения солоноватых и соленых вод, которые можно вскрывать скважинами глубиной в 20—50 *м*.

В северной части Тургайской равнины широко развиты аллювиальные отложения, которые в долине р. Убаган прослеживаются шириной от 12 до 27 *км*, отчасти — в долине Тобола и Тугузака. В долине Убагана они представлены песчаными глинами. По данным И. В. Гармонова и др. (1961), мощность покровных глин севернее оз. Кушмурун не превышает 20—30 *м*, а южнее его достигает 70—80 *м*. Ниже глин залегают мелко- и среднезернистые пески с галькой мощностью от 2 до 8 *м*. К ним приурочены напорные грунтовые воды, питающиеся за счет дренирования нижележащих водоносных горизонтов. Они отличаются повышенной минерализацией (от 3 до 10 *г/л*), хлоридно-натриевым составом вод. Там, где долина дренирует пресные воды, встречаются относительно доброкачественные воды (в районе ст. Кушмурун, пос. Карагалы и в некоторых других местах). Производительность водоносных горизонтов должна быть значительной (до 86—430 *м³/сутки*). Общие запасы солоноватых, слабосоленых, отчасти слабосолоноватых вод достигают 2,8 млрд. *м³*. В случае опреснения они могут служить хорошим резервом для сельскохозяйственного водоснабжения. В долине Тобола аллювиальные отложения представлены разнозернистыми гравийными песками мощностью 15—20 *м* с прослоями и линзами песчаных глин и супесей. Бо́льшая часть отложений содержит слабоминерализованные воды, формирующиеся за счет фильтрации поверхностных вод Тобола и атмосферных осадков. Местами (Сарбай-Соколовск) встречены солоноватые (до 4—6 *г/л*) хлоридно-натриевые воды.

Общие многолетние прогнозные запасы достигают, по-видимому, 100 млн. $м^3$, они ежегодно восполняются в значительных размерах за счет фильтрации из Тобола. Из указанного горизонта в г. Рудном отбирается сейчас 4300 $м^3$/*сутки* (50 *л/сек*) воды. В районе г. Кустаная на небольшом участке утверждены запасы по А+В в размере 0,125 $м^3$/*сек*. Аллювиальные воды могут быть широко использованы для водоснабжения населенных пунктов с помощью скважин глубиной до 10—20 *м*.

В междуречье Тобол — Убаган среди лесных массивов Аман-Карагайского, Арал-Карагайского, Казанбасы и других, а также на правобережье Убагана, Наурзумского бора небольшими пятнами встречаются эоловые тонкозернистые песчаные отложения. С ними связаны чаще пресные и слабосолоноватые воды, обладающие малой водоотдачей (коэффициент фильтрации 2—4 *м/сутки*). Например, в районе Аман-Карагай площадью 300 $км^2$ при средней мощности водонасыщенной зоны, равной 4 *м*, и коэффициенте водоотдачи 0,10 содержится около 120 млн. $м^3$ воды. Воды эоловых песков при эксплуатации колодцами с применением гравийных фильтров могут служить значительным источником сельскохозяйственного водоснабжения.

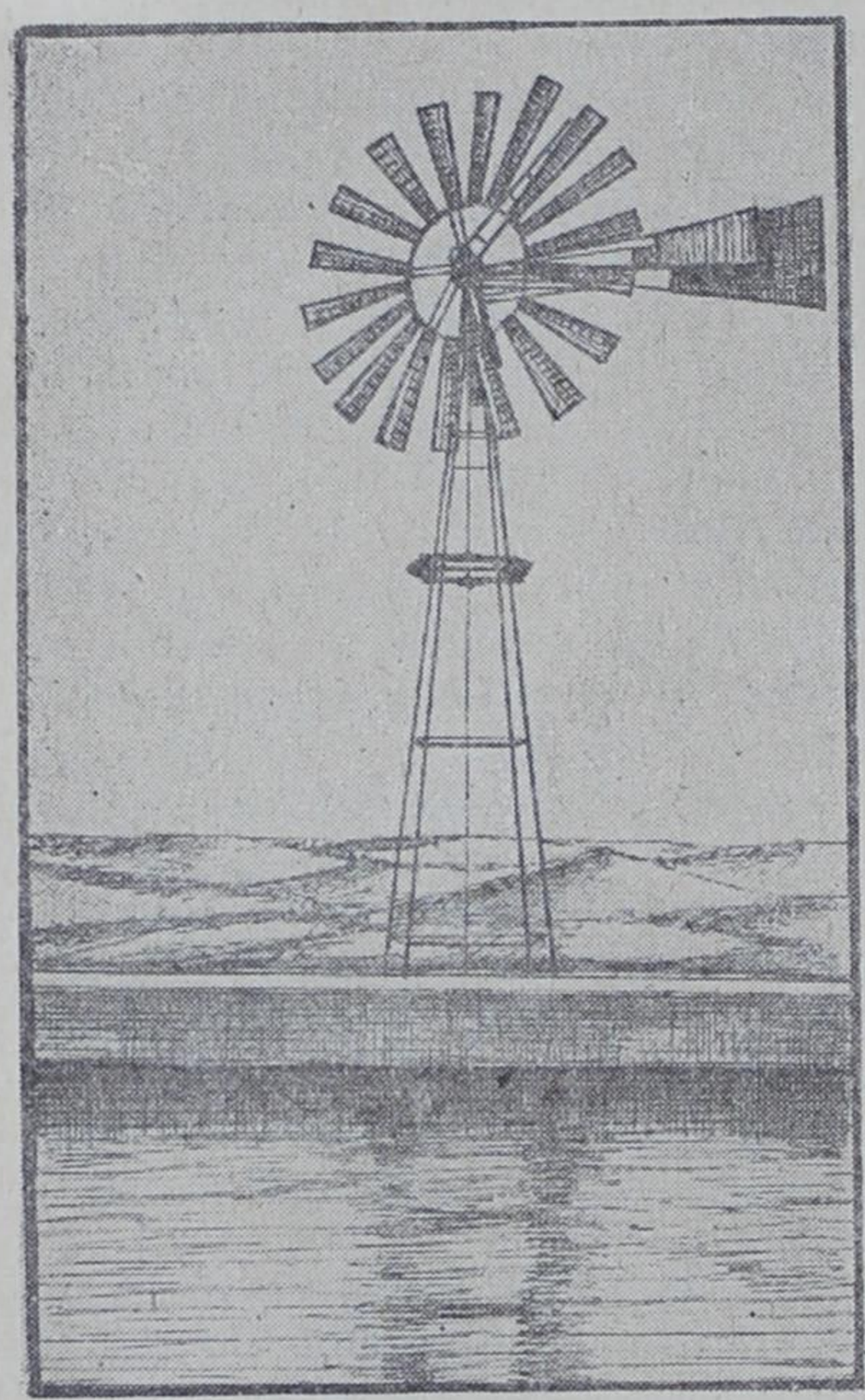


Рис. 44. Ветродвигатель ВД-8 и резервуар для воды на участке Чиевник Приаральской опытной станции.

В различных местах северной зоны довольно широкое распространение получили делювиально-аллювиальные покровные четвертичные отложения, представленные суглинками и супесями. С ними часто связаны непостоянные горизонты, которые в зависимости от климатических условий подвержены большим колебаниям. Залегают они на глубинах до 5—8, реже 10 *м* и имеют пеструю минерализацию. Дебиты колодцев и скважин, опущенных в эти отложения, ничтожные и не превышают 1—5 $м^3$/*сутки*. В ряде мест эти воды используются населением для хозяйственно-питьевых нужд с помощью колодцев глубиной до 5—10 *м*.

Зона сухих степей и полупустынь

Центральная (сухая степная и полупустынная) зона Тургайской равнины охватывает площадь, ограниченную с севера Тобол-Тургайским водоразделом, и на юге доходит примерно до 48° с. ш. Характерной особенностью зоны является широкое развитие столово-останцового ступенчатого рельефа на фоне низменной равнины. Реки, большей частью имеющие южное и юго-западное течение, заметно врезаны в окружающую равнину, образуя часто довольно широкие ложбины и долины. Последние являются своего рода региональными дренами, разгружающими грунтовые воды. Климат засушливый, годовое количество осадков колеблется в пределах 150—250 *мм*.

Рассматриваемая зона с поверхности сложена в основном третичными рыхлыми и слабоуплотненными породами, а в долинах рек локальное развитие получили четвертичные аллювиальные и отчасти эоловые образования.

Третичные отложения представлены широко распространенными среднеолигоценовыми (индрикотериевыми) тонко- и мелкозернистыми песками и алевритами, залегающими на верхнеэоценовых (чеганских) глинах, обнажающихся вдоль долин рек и по ложбинам, а также верхнеолигоценовыми мелкозернистыми, местами среднезернистыми песками с линзами и прослойками глин. Последние развиты главным образом по бортам Тургайского прогиба. По восточному борту они прослеживаются с юга на север шириной в 45—50 *км* и часто перекрыты неогеновыми (аральскими) глинистыми породами, а по западному борту чаграйская свита вдается до 150 *км* на восток и притом представлена более грубозернистыми песчаными разностями. Общая мощность континентальных олигоценовых пород колеблется от нескольких до 50—70 *м*.

Водовмещающие породы представлены песками, местами переходящими в алевриты. Мощность их изменяется от нескольких метров на севере и западе до 30—40 *м* в центральной части площади их распространения. Грунтовые воды (слабонапорные в местах глинистого перекрытия) формируются в основном за счет инфильтрации зимне-весенних (снеготалых) и осенних атмосферных осадков на участках обнажений песчаных комплексов пород. Движение грунтовых вод направлено в сторону долин, оврагов, озерных впадин, в пределах которых происходит разгрузка воды в виде многочисленных нисходящих источников, мочажин или путем капиллярного и транспирационного испарения.

Глубина залегания грунтовых вод в западной части зоны составляет 5—20 *м*, в восточной и центральной частях, в зависимости от рельефа и дренированности горизонта, колеблется от 5—10 до 20—30 *м*. По качеству воды изменяются от пресных до соленых. В западной части (от долины р. Улькаяк до Мугоджар) преобладают пресные и слабосолоноватые воды с плотным остатком от 0,3—0,5 до 1—1,5 *г/л* гидрокарбонатно-натриевого и гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого состава:

$$M_{1,0}\,\frac{C^{21,78}_{0,37}\,S^{14,34}_{0,20}\,Cl^{13,88}_{0,14}}{Na^{30,78}_{0,20}\,Ca^{13,18}_{0,02}\,Mg^{6}_{0,007}}.$$

Эти воды чаще всего приурочены к дренированным участкам вдоль суходолов или же к местам, с поверхности сложенным континентально-олигоценовыми песками. На плоской глинисто-суглинистой равнине чаще встречаются солоноватые воды с сухим остатком до 5 *г/л*, иногда и более. Состав воды сульфатно-натриевый или хлоридно-натриевый:

$$M_{5,6}\,\frac{S^{43,49}_{1,42}\,Cl^{4,57}_{0,27}\,C^{1,94}_{0,14}}{Na^{29,11}_{3,1}\,Mg^{10,68}_{0,46}\,Ca^{10,21}_{0,24}}.$$

В дренированных участках восточной кромки Тургайской равнины и отчасти в центральных частях района, вблизи долин и оврагов, грунтовые воды, залегающие в верхнеолигоценовых песках, относятся к пресным и слабосолоноватым, гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого состава:

$$M_{(0,5-0,8)}\,\frac{C^{23,9}_{0,28}\,S^{23,7}_{0,07}\,Cl^{2,4}_{0,016} - C^{24,6}_{0,42}\,S^{19,5}_{0,13}\,Cl^{5,9}_{0,05}}{Na^{27,7}_{0,08}\,Ca^{11,4}_{0,03}\,Mg^{10,9}_{0,018} - Na^{17,9}_{0,09}\,Ca^{16,5}_{0,07}\,Mg^{15,6}_{0,04}}.$$

Но вместе с тем в местах с затрудненным водообменом встречаются солоноватые и даже соленые воды. Производительность водоносных от-

ложений континентального олигоцена в зависимости от крупности и отсортированности песков и присутствия в них глинистых примесей колеблется от нескольких до 56—170 *м³/сутки* (0,65—2 *л/сек*), но чаще она изменяется в пределах от 8 до 43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Дебиты каптажных сооружений нередко определяются конструкцией скважин, колодцев и особенно наличием хорошо оборудованных фильтров.

Отложения континентального олигоцена заключают весьма значительные ресурсы грунтовых вод. Допуская возможность развития сравнительно постоянных песчаных водосодержащих горизонтов континентального олигоцена только на половине площади их распространения, т. е. на 35 000 *км²*, среднюю мощность около 6 *м* (она колеблется от нескольких до 30—40 *м*) и водоотдачу только 0,10, прогнозные вековые и многолетние запасы зоны выразятся цифрой 21 млрд. *м³*, или 0,6 млн. *м³* на 1 *км²*. При непрерывном и повсеместном использовании их в течение 50 лет эксплуатационные расходы будут равны 7 *м³/сек* (при нормальном использовании с перерывами в определенные сезоны и в дневные часы извлечение можно довести до 14 *м³/сек*). Судя по слабой минерализации грунтовых вод, олигоценовые песчаные отложения поглощают, по-видимому, большие запасы зимне-весенних атмосферных осадков. Если, учитывая неравномерное распространение песчаных пород, допустить, что инфильтрация указанных осадков происходит только на четвертой части площади зоны (17 500 *км²*) в количестве всего 5% от годовой суммы (11 *мм*), то возобновляемые запасы будут равны 6 *м³/сек*. Таким образом, общие запасы пресных и слабосолоноватых вод составляют 13 (26) *м³/сек*. При этом средние расходные модули соответственно будут равны 0,37 (0,74) *л/сек* с 1 *км²*. Понятно, что в зависимости от гранулометрического состава и фильтрационных свойств пород различных участков указанные величины могут варьировать в значительных пределах. Заметим, что преобладающие водопритоки в мелкие разведочные скважины чаще всего колеблются в пределах 8—43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*).

Грунтовые воды континентального олигоцена, особенно после проведения детальных гидрогеологических съемок, позволяющих расчленить нередко пестрые по минерализации и различной производительности воды, могут быть широко использованы для обводнения пастбищ, питьевого и хозяйственного водоснабжения совхозов и колхозов с помощью скважин и колодцев глубиной от 5—10 до 30—50 *м*.

В долинах рек Улыжиланчик, Тургай, Иргиз, Улькаяк, Каракай и их притоков развиты аллювиальные отложения, представленные песчано-глинистыми породами. Водовмещающими комплексами являются на западе и отчасти на севере пески, супеси, а на востоке — супеси и суглинки мощностью от 3—5 до 15—20 *м*. Формирование грунтовых вод, направление движения которых в современном аллювии совпадает с течением рек, происходит в основном за счет фильтрации речных вод и отчасти атмосферных осадков. Грунтовые воды залегают на глубинах от 2—3 до 5—10 *м*, а минерализация их весьма пестрая. В древнеаллювиальных отложениях Тургая заключены преимущественно соленые воды с сухим остатком от 50 до 90 *г/л* хлоридно-натриевого состава. В современном аллювии долины той же реки имеются слабоминерализованные воды с сухим остатком от 0,3 до 4 *г/л*. Химический состав вод следующий:

$$M_{(0,3-3,7)}\ \frac{C^{20,3}_{0,18}\,S^{17,7}_{0,11}\,Cl^{12}_{0,06} - Cl^{36,5}_{1,63}\,S^{10,7}_{0,65}\,C^{2,8}_{0,21}}{Na^{31,7}_{0,11}\,Mg^{10,5}_{0,02}\,Ca^{7,8}_{0,001} - Na^{31,4}_{0,91}\,Ca^{10}_{0,25}\,Mg^{8,6}_{0,11}}.$$

Пресные воды с минерализацией до 1—1,5 *г/л* заключены также в хорошо дренированных участках долины р. Улькаяк и ее притоков

(Толыбай, Жантай, Карабутак), в долине р. Иргиз и, наконец, в низовье долины р. Тургай. Химический состав их следующий:

$$M_{1,2}\ \frac{C^{20,7}_{0,44}\,Cl^{18,2}_{0,22}\,S^{11,1}_{0,18}}{Na^{36,5}_{0,29}\,Mg^{9,7}_{0,04}\,Ca^{3,8}_{0,03}}.$$

Производительность водоносных горизонтов аллювия обычно колеблется от 8,6 до 43 *м³/сутки*, реже 86 *м³/сутки* (от 0,1 до 0,5—1 *л/сек*).

Пресные и слабосолоноватые грунтовые воды аллювиальных отложений долин в ряде мест могут быть использованы для сельскохозяйственного водоснабжения с помощью колодцев и скважин глубиной от 5—15 до 30—40 *м*.

В верховьях рек Каракай (на площади 178 *км²*), Улькаяк и в низовье р. Тургай (1000 *км²*), а также в низовье р. Улыжиланчик (293 *км²*) и на левобережье р. Иргиз (250 *км²*) распространены эоловые отложения. Они представлены мелко- и тонкозернистыми полузакрепленными, в значительной мере заросшими песками, залегающими в виде бугров и гряд. С ними повсеместно связаны грунтовые воды, формирующиеся за счет фильтрации зимне-весенних атмосферных осадков. Мощность водоносного горизонта составляет 5—10 *м*. Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 2—5 *м* в межбугристых понижениях до 7—10 *м* под буграми. Минерализация воды колеблется от 0,3—0,5 до 2,5—3 *г/л*, причем наиболее пресные воды приурочены к слабозакрепленным буграм и грядам. Состав гидрокарбонатно-натриевый или гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый:

$$M_{(0,48-2,5)}\ \frac{C^{31,9}_{0,26}\,Cl^{13,8}_{0,06}\,S^{4,3}_{0,03} - C^{21}_{0,46}\,S^{18}_{0,21}\,Cl^{11}_{0,09}}{Na^{27,2}_{0,12}\,Ca^{13,5}_{0,06}\,Mg^{13,3}_{0,02} - Na^{36,6}_{1,7}\,Ca^{9,6}_{0,05}\,Mg^{3,8}_{0,021}}$$

На окраинах песчаных массивов и в некоторых понижениях в связи с испарительной концентрацией солей качество воды несколько ухудшается. Дебиты примитивно устроенных колодцев, опущенных в песчаные водоносные горизонты, чаще всего колеблются от 8,6 до 43 *м³/сутки* (от 0,1 до 0,5 *л/сек*).

Пески обладают значительными многолетними ресурсами. Принимая мощность водоносного горизонта равной от 6 до 8 *м*, водоотдачу — 0,12, эти ресурсы по отдельным песчаным массивам выразятся цифрами, представленными в таблице 5.

Таблица 5

Участки распространения эоловых песков	Площадь, *км²*	Многолетние запасы, млн. *м³*	Эксплуатационные запасы, *м³/сек*			Расходный модуль, *л/сек* с 1 *км²*
			при 50% исп. мног.	возобновл.	общие	
Верховье р. Каракай (приток Улькаяк)	178	128	0,043	0,13	0,17	0,95
Низовье р. Улыжиланчик	293	210	0,070	0,22	0,29	0,99
Низовье р. Тургай	1000	960	0,32	0,77	1,09	1,00
Левобережье р. Иргиз	250	156	0,05	0,20	0,25	1,00

Из данных таблицы видно, что суммарные многолетние запасы вод песчаных массивов составляют около 2,45 млрд. *м³*. Непрерывная и нор-

мальная (с перерывами) эксплуатация 50% этих запасов в течение 50 лет дает возможность соответственно получить 0,48—0,96 *м³/сек* воды. Вследствие отсутствия условий для образования поверхностного стока значительная часть зимне-весенних осадков просачивается в водоносные горизонты. Поэтому весьма значительными являются возобновляемые запасы. Если допустить, что только небольшая часть зимне-весенних осадков (24 *мм*) доходит до водоносного горизонта, то общая величина возобновляемых запасов по рассматриваемым песчаным массивам составляет около 1,32 *м³/сек*. Суммарные запасы многолетних и возобновляемых запасов по району развития эоловых песков достигают 1,8 (3,6) *м³/сек*. Расходные модули соответственно равны 1,0 (2,0) *л/сек* с 1 *км²*.

Воды эоловых отложений при умелом использовании могут служить источником сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ. Они могут эксплуатироваться колодцами и скважинами (с гравийным фильтром) глубиной 5—10 *м*.

Зона полупустынь и пустынь

Полупустынная и пустынная южная зона Тургайской равнины занимает территорию, ограниченную примерно с севера 48° с. ш., а с юга — долиной р. Сыр-Дарьи. Как и в центральной части Тургайского прогиба, здесь значительное развитие получили столово-останцовые формы рельефа, местами перемежающиеся с бугристо-грядовым рельефом песчаных полупустынь и пустынь. Климат зоны исключительно засушливый, годовое количество осадков составляет всего 100—150 *мм*, из которых 40—50% приходится на холодное время года. Подрайон отличается полным отсутствием поверхностных водотоков и водоемов. В пределах рассматриваемой зоны широкое развитие получили как третично-меловые слабоуплотненные комплексы пород, так и четвертичные эоловые песчаные отложения.

Меловые отложения, обнажающиеся в крайней юго-восточной части зоны, на Нижне-Сырдарьинском поднятии и Кайнарбулакской возвышенности в основном относятся к сантон-туронским образованиям. Они представлены переслаивающимися песчаными глинами, алевролитами, местами с прослойками песков, с которыми связаны довольно широко распространенные грунтовые воды, образующиеся за счет инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков. Водовмещающими породами являются песчаные отложения, мощность которых составляет несколько метров, местами достигает 30 *м*. Они нередко несут глинистый покров, затрудняющий просачивание атмосферных осадков и водообмен в водоносных горизонтах.

Глубина залегания, качество, производительность грунтовых вод меловых пород на различных участках колеблются в значительных пределах. В юго-восточной части зоны они чаще всего вскрываются на глубине до 5 *м*. Минерализация их, по единичным данным, составляет 2—3 *г/л*, по составу воды относятся к хлоридно-сульфатно-натриевым или же смешанным:

$$M_{2,4}\,\frac{C^{6,5}_{0,463}\,S^{23,5}_{0,758}\,Cl^{20,0}_{0,477}}{Na^{43,4}_{0,707}\,Ca^{3,95}_{0,056}\,Mg^{2,65}_{0,022}}\,.$$

Производительность водоносных горизонтов в копанях или мелких разведочных скважинах варьирует от десятых долей до 43 *м³/сутки* (0,01—0,5 *л/сек*). В Нижне-Сырдарьинском поднятии в зависимости от

рельефа местности глубина залегания грунтовых вод изменяется от 5—10 *м* в северо-восточной окраине до 10—30 *м* в северной и центральной частях поднятия. Минерализация воды здесь довольно пестрая. На более дренированных участках северо-восточной и южной окраин формируются слабосолоноватые и солоноватые воды с минерализацией преимущественно до 3—5 *г/л*. В северных и центральных частях поднятия, с более затрудненным водообменом в водоносных горизонтах, залегают грунтовые воды с повышенной минерализацией, достигающей 10 *г/л* и более.

Производительность водоносных горизонтов не превышает 1—10 *м³/сутки*. В горах Кайнарбулак, судя по возвышенному расчлененному рельефу, грунтовые воды залегают на глубинах от нескольких до 30 *м*. Местами они подпитывают небольшие источники, несущие пресные воды. Минерализация грунтовых вод не превышает 1—3 *г/л*. Пресные грунтовые воды здесь ограничиваются только небольшими участками выхода меловых песчаных пород. На окружающих участках, где они погружаются под третичные глинистые образования, воды имеют уже повышенную минерализацию.

В целом грунтовые воды верхнемеловых отложений, чаще всего отличающиеся повышенной минерализацией и низкой производительностью, не имеют большого практического значения. Только в юго-восточной части описываемой зоны, по северо-восточной окраине Нижне-Сырдарьинского поднятия и на возвышенности Кайнарбулак, грунтовые воды, характеризующиеся слабой минерализацией, вполне могут быть использованы для обводнения пастбищ с помощью колодцев и скважин глубиной 5—30 *м*.

Ресурсы грунтовых вод верхнемеловых отложений ввиду отсутствия в последних хорошо выдержанных мощных водоносных горизонтов должны быть ограниченными. Определение их вследствие очень слабой изученности территории пока что представляется затруднительным.

Третичные отложения слагают с поверхности обширные территории Южно-Тургайской равнины. В подавляющем большинстве случаев они относятся к континентальному олигоцену; только песчаные породы, обнажающиеся вдоль Джусалинского тракта, Д. В. Наливкиным датируются как неогеновые, а Б. А. Петрушевским относятся к верхнеолигоценовым.

Континентальные олигоценовые отложения представлены глинами, алевритами с линзами и прослойками косослоистых, существенно глинистых песков, с включениями гипса и пирита. Общая мощность отложений достигает 20—40 *м*. На востоке зоны эти отложения К. В. Никифоровой рассматриваются как кендерлинские (эоценовые) слои, а в средней части зоны В. В. Лавров их относит к индрикотериевой свите среднего олигоцена.

К песчаным слоям и алевритам континентального олигоцена приурочены грунтовые воды, в преобладающем большинстве залегающие на глубине до 5 *м*. В местах наличия глинистого покрова они относятся к слабонапорным. Ввиду спокойного характера залегания, обусловленного затрудненным водообменом в водоносных горизонтах, грунтовые воды, подверженные континентальному засолению, повсеместно имеют повышенную минерализацию. Преобладающее содержание солей 5—10 *г/л*. Местами минерализация их достигает 30—50 *г/л*, только в редких дренированных и промытых от солей участках могут встречаться слабосолоноватые воды.

Производительность водоносных горизонтов, как правило, низкая. В колодцах и мелких скважинах она не превышает нескольких кубометров в сутки. Ввиду повышенной и высокой минерализации и низкой

производительности, обусловленной глинистым характером водовмещающих пород, грунтовые воды континентального олигоцена Южно-Тургайской равнины почти не имеют практического значения. Только местами они могут быть использованы для водопоя скота с помощью неглубоких колодцев.

Неоген-верхнеолигоценовые отложения, обнажающиеся в юго-восточной зоне описываемого района, представлены глинами, песками и песчаниками. К песчаным горизонтам этих отложений приурочены грунтовые воды, формирующиеся за счет просачивания атмосферных осадков холодного периода времени. Глубина залегания их большей частью не превышает 4—6 *м*. Судя по рельефу, движение грунтовых вод происходит в южном направлении. Качество грунтовых вод пестрое, с преобладанием пресных и слабосолоноватых. Производительность водоносных горизонтов в колодцах не превышает 8—10 *м*³/*сутки*. Неоген-верхнеолигоценовые воды обладают, по-видимому, значительными ресурсами, которые могут быть использованы преимущественно для обводнения пастбищ на площади, превышающей 3 тыс. *км*², с помощью колодцев глубиной 5—10 *м*.

Четвертичные отложения, представленные эоловыми песчаными массивами Приаральских Каракумов, Муюнкумов и Арыскумов, занимают обширные территории южной части Тургайской равнины, превышающей 30 тыс. *км*² площади. В литологическом отношении они состоят из мелкозернистых песков, слагающих слабозакрепленные бугры и волнистые равнины. С песчаными отложениями повсеместно связаны грунтовые воды, образующие единый водоносный горизонт мощностью 10—15 *м*. Пресные грунтовые воды формируются в основном за счет инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков. Этому способствуют хорошо фильтрующиеся пески, волнистый или всхолмленный рельеф, задерживающий весь снег, не только выпадающий на поверхности песков, но и сдуваемый с открытых равнин, и, наконец, очень близкое залегание грунтовых вод. Количество осадков, просачивающихся в водоносные горизонты, по данным режимных наблюдений, достигает 40—60 *мм* в год (рис. 45). Разгрузка грунтовых вод происходит как путем стока их в соровые понижения, встречающиеся среди песчаных массивов, так и путем испарения и транспирации растениями. Баланс грунтовых вод положительный.

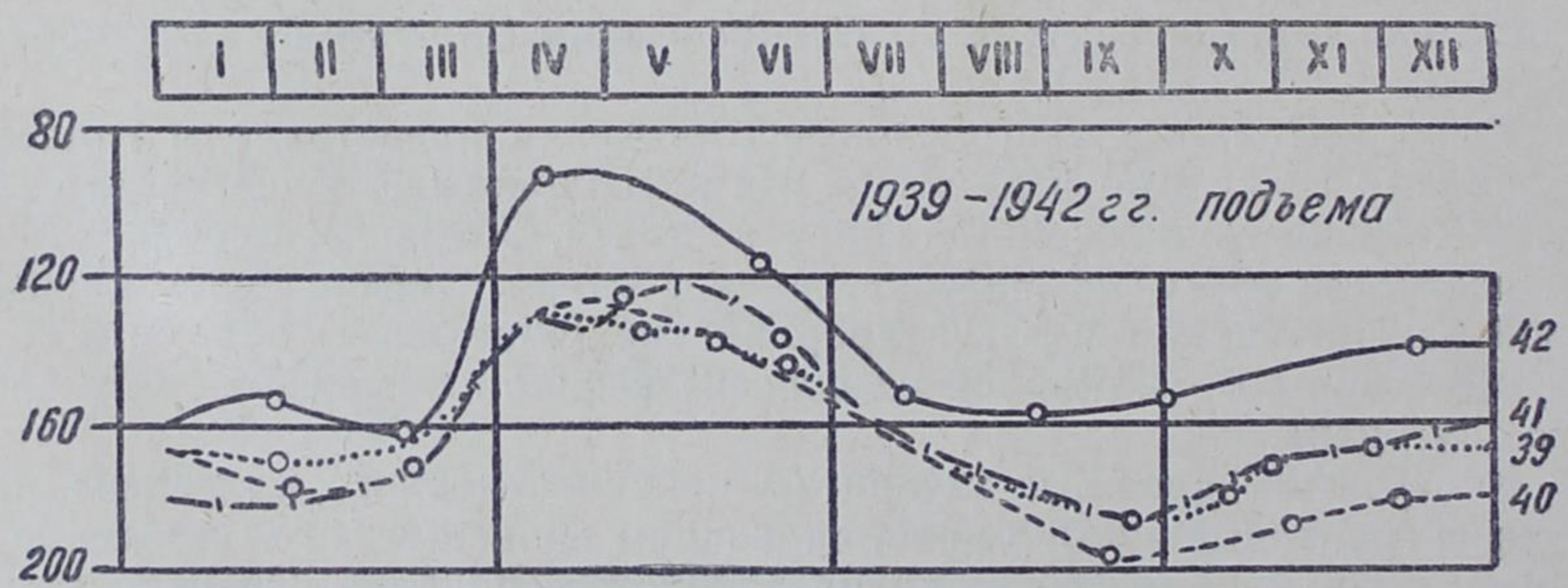


Рис. 45. Колебания уровня грунтовых вод под луговым участком Чиевник в Больших Барсуках (скважина № 10).

По данным А. Г. Гаеля (1950), на более половины площади Приаральских Каракумов грунтовые воды залегают на глубине всего 2—3 *м* и лишь под буграми глубина их увеличивается до 10—20 *м*. По окраинам песков глубина залегания грунтовых вод не превышает 4—5 *м*. Об-

щее направление движения грунтовых вод Приаральских Каракумов юго-западное. По данным Спиридонова, к востоку от Джангильды грунтовые воды, выходя на поверхность, образуют целую цепь пресных озерков, соединенных между собой протоками. По данным того же автора, пески Муюнкум, вытянутые на юго-восток в виде отростка от Каракумов, являются хорошими аккумуляторами пресных грунтовых вод, дающих начало многочисленным родникам Мынбулак. Как показали исследования Б. А. Петрушевского (1937) и Е. В. Посохова (1944), в действительности эти родники, относящиеся к восходящему типу, обязаны своим происхождением существованию восточнее песков Муюнкум обширного Мынбулакского артезианского бассейна. Родники, таким образом, являются источником питания грунтовых вод песков Муюнкум.

Преобладающая часть территории песчаных массивов является аккумулятором пресных и слабосолоноватых грунтовых вод. В разведываемых бугристых песках, как это имеет место, например, в восточной части Каракумов и в некоторых других местах (особенно на севере), они относятся к пресным, с минерализацией от 0,2 до 0,5 *г/л*, гидрокарбонатно-натриевого состава. Химический состав вод можно выразить формулой:

$$M_{0,5}\,\frac{C^{25,89}_{0,207}\,Cl^{17,81}_{0,107}\,S^{6,3}_{0,05}}{Na^{24,35}_{0,095}\,Ca^{16,31}_{0,055}\,Mg^{9,34}_{0,019}}.$$

На сильно заросших песках в результате транспирационно-испарительной концентрации солей минерализация повышается до 1—1,5 *г/л*.

Согласно А. Г. Гаелю (1950), в супесчаных почвах — тонкозернистых глинистых песках, близко подстилаемых третичными глинами, грунтовые воды имеют гидрокарбонатно-сульфатную минерализацию с сухим остатком 1—2 *г/л*. По его же данным, в отдельных местах, сложенных супесчано-суглинистыми породами, встречаются грунтовые воды с минерализацией до 2—5 *г/л*, хлоридно-сульфатно-натриевого состава. Наконец, в бессточных западинах, представляющих соры, солончаки, в которых разгружаются грунтовые воды, минерализация последних достигает 40—50 *г/л*. Состав вод сульфатно-хлоридно-натриевый и хлоридно-натриевый.

В песчаном массиве Арыскум, расположенном в юго-восточной части зоны, грунтовые воды имеют пеструю минерализацию, преобладают пресные и слабосолоноватые. Состав воды изменяется от гидрокарбонатного до сульфатно-натриевого.

Химический состав воды источника Тущибулак (Арыскум) следующий:

$$M_{0,6}\,\frac{C^{39,06}_{0,374}\,S^{6,33}_{0,035}\,Cl^{4,61}_{0,031}}{Na^{39}_{0,141}\,Ca^{5,85}_{0,016}\,Mg^{5,15}_{0,011}}.$$

Грунтовые воды Приаральских Каракумов и Арыскумов в результате ежегодного пополнения за счет атмосферных осадков в верхней части водоносного горизонта отличаются наименьшей минерализацией. С глубиной, где скапливаются многолетние и вековые запасы, содержание солей в воде несколько повышается. Обратную картину изменения минерализации можно наблюдать только в местах усиленного испарения и транспирации грунтовых вод (в сорах, солончаках). При этом в верхней части водоносного горизонта происходит более интенсивное накопление солей, чем в нижней.

Грунтовые воды Приаральских Каракумов характеризуются значительной производительностью. В копанях она не превышает обычно 10—

43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). В хорошо оборудованной скважине при понижении уровня на 5,5 *м* получен дебит, равный 575 *м³/сутки* (6,7 *л/сек*). Песчаные массивы являются аккумуляторами очень боль-

Рис. 46. Котловина с зарослями житняка в бугристых песках Приаральских Каракумов.

ших вековых и многолетних ресурсов. В Приаральских Каракумах, площадью около 28 тыс. *км²*, при средней мощности водоносного горизонта 12 *м* и величине водоотдачи 0,15 вековые запасы составляют 50 млрд. *м³*, или 1,7 млн. *м³* на 1 *км²*. Беспрерывная эксплуатация только половины этого количества воды в течение 100 лет позволит извлекать до 8 *м³/сек* воды (при нормальном извлечении в дневные часы и вегетационные сезоны расход воды можно увеличить до 16 *м³/сек*). В Арыскумах (площадь 2400 *км²*), находящихся в несколько худших гидрогеологических условиях, при средней мощности горизонта 8 *м* и водоотдаче 0,12 содержится около 2,2 млрд. *м³*, или 0,9 млн. *м³* на 1 *км²*. Эксплуатация половины этих запасов в течение 50 лет позволит извлекать 0,7 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации — до 1,4 *м³/сек*).

Наряду с многолетними и вековыми ресурсами описываемые песчаные массивы заключают очень большие возобновляемые запасы. Наши исследования в Чу-Таласских песках и Муюнкумах (Ахмедсафин, 1951) показали, что в местах близкого залегания грунтовых вод до водоносного горизонта просачивается около 50% среднегодового количества осадков. Допуская, что в Каракумах эти величины составляют только 30% (около 33 *мм*), ежегодно возобновляемые запасы вод в Каракумах будут равны 29 *м³/сек*, а в Арыскумах — около 2,3 *м³/сек*. Следовательно, общие (вековые и возобновляемые) эксплуатационные запасы грунтовых вод Приаральских Каракумов исчисляются величиной порядка 37 *м³/сек* (при нормальном извлечении их можно довести до 74 *м³/сек*). Расходные модули при этом будут соответственно равны 1,3 (2,6) *л/сек* с 1 *км²*. Общие эксплуатационные запасы грунтовых вод Арыскумов составляют около 3 (6) *м³/сек*, а расходные модули — 1,2 (2,4) *л/сек* с 1 *км²*.

Грунтовые воды песчаных массивов широко могут быть использованы для обводнения пастбищ, оазисного орошения с помощью колодцев и скважин глубиной от 5 до 15 *м*. Очень близкое залегание грунтовых

вод позволяет широко практиковать проходку дренажных канав, с помощью которых на поля орошения можно выводить значительные расходы грунтовых вод.

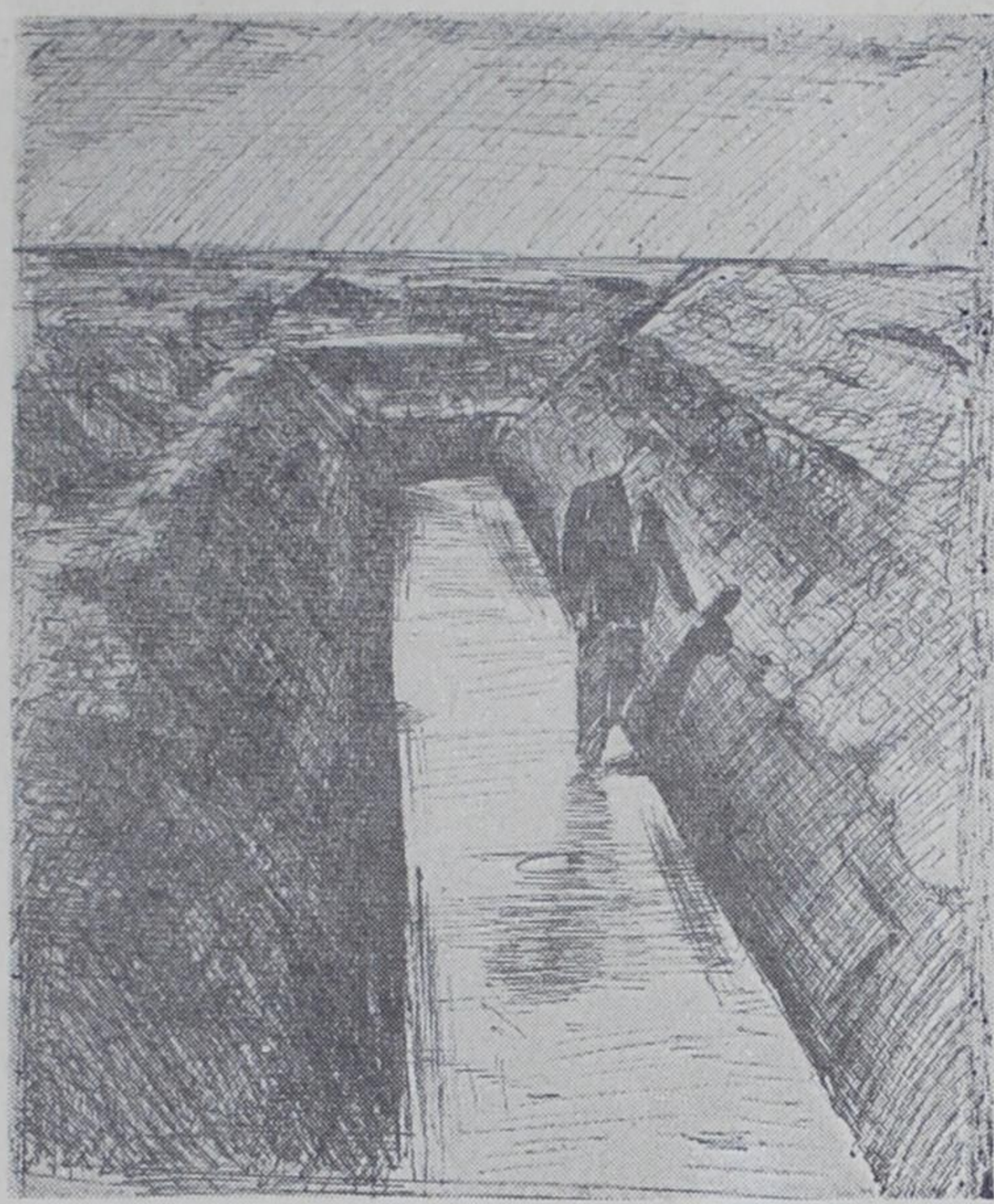


Рис. 47. Траншея, вскопанная до уровня грунтовых вод, но еще не засыпанная культурным слоем. На стенках отчетливо видна высота капиллярного подъема воды (80 *см*).

Из характеристики грунтовых вод обширных Тургайских равнин вытекает следующее:

1. В северных и центральных зонах равнины, там, где водоносный горизонт представлен верхне- и среднеолигоценовыми песками, алевритами, имеет место водообмен в водоносных горизонтах, обусловленный, с одной стороны, инфильтрацией атмосферных осадков, а с другой — разгрузкой воды из водоносных горизонтов региональными дренами (долинами, логами, ложбинами, озерными впадинами). В третичных песчаных отложениях распространены преимущественно пресные и слабосолоноватые воды, чаще характеризующиеся значительной производительностью. Наиболее высокопроизводительные горизонты приурочены к древним долинам. На участках, где водоносные горизонты замещаются песчаными глинами, аргиллитами или же перекрываются мощной толщей водоупорных глин аральской свиты (восточная часть Тобол-Убаганского и Ишим-Убаганского междуречья и некоторые другие места), формируются преимущественно соленые грунтовые воды, характеризующиеся очень низкой производительностью. Глубина залегания грунтовых вод в северной и центральной зонах в зависимости от рельефа колеблется от 5—10 до 20—30 *м*.

2. В южной зоне Тургайской равнины, где третичные водоносные горизонты чаще всего представлены гипсоносными песчаными глинами, аргиллитами и во многих местах имеют водоупорную глинистую кровлю, в результате исключительно затрудненного водообмена в водоносных го-

ризонтах континентального засоления формируются преимущественно близко залегающие соленые воды с низкой производительностью. Только в меловых и верхнеолигоценовых породах, где местами грунтовые воды приурочены к песчаным горизонтам значительной мощности (юго-восточная часть зоны), распространены пресные и слабосолоноватые воды, отличающиеся более повышенной производительностью.

3. В центральной (полупустынной) и особенно в южной (пустынной) зонах Тургайской равнины в эоловых песчаных массивах, способных задерживать и в больших масштабах аккумулировать зимне-весенние атмосферные осадки, формируются широко распространенные пресные и слабосолоноватые грунтовые воды, характеризующиеся значительной производительностью и небольшой глубиной залегания. Только в очень ограниченных соровых понижениях, через которые происходит расходование грунтовых вод песчаных массивов, и на небольших равнинных участках, сложенных супесчано-суглинистыми породами с близким залеганием подстилающих их третичных гипсоносных глин, встречаются солоноватые и соленые воды.

4. Огромные по площади Тургайские равнины, несмотря на неблагоприятные природно-гидрогеологические условия, заключают в недрах значительные ресурсы пресных, слабосолоноватых и отчасти солоноватых грунтовых вод. Размеры этих ресурсов, определенных прогнозным путем по отдельным зонам, приводятся в таблице 6.

Таблица 6

Гидрогеологические зоны	Вековые и многолетние эксплуатационные запасы, *м³/сек*	Ежегодно возобновляемые запасы, *м³/сек*	Общие эксплуатационные запасы, *м³/сек*	Усредненные расходные модули, *л/сек* с 1 *км²*	
				при непрерывном извлечении	при нормальном извлечении
Степей (воды палеозоя и олигоцена)	8,9 при 50-летней эксплуатации	5,5	14,4(28,8)	0,33	0,66
Сухих степей и полупустынь (воды олигоцена, отчасти эоловых песков)	7,5 при 50-летней эксплуатации	7,8	15,3(30,6)	0,44	0,88
Полупустынь и пустынь (воды четвертичных эоловых песков)	8 7 при 100-летней эксплуатации	31,3	40,0(80,0)	1,25	2,5

Примечание. В скобках приведены запасы при нормальном извлечении воды для водоснабжения только в дневные часы и для обводнения и орошения в вегетационные периоды.

Из данных таблицы видно, что пустынные зоны Тургайских равнин являются наиболее богатыми пресными и слабосолоноватыми грунтовыми водами.

Наряду с данными запасов в таблице приведены усредненные величины расходных модулей при непрерывной и нормальной эксплуатации (в дневные часы и вегетационные сезоны), когда за счет невегетационного периода расходование грунтовых вод можно резко увеличить. Расходные модули, как и эксплуатационные запасы, которые в дальнейшем должны быть уточнены и дифференцированы в зависимости от гидрогеологических условий, заметно увеличиваются с севера на юг — от степной зоны в направлении полупустынь и пустынь. Грунтовые воды после проведения более детальных исследований с качественной и коли-

чественной дифференциацией водоносных горизонтов могут найти широкое применение в народном хозяйстве, особенно для рассредоточенного снабжения и обводнения.

Артезианские и субартезианские воды

Наряду с широко распространенными грунтовыми водами в пределах Тургайских равнин значительное развитие получили напорные воды, подробно освещенные в работах У. М. Ахмедсафина (1959, 1961, 1962), А. Н. Губарева (1956, 1961), И. В. Гармонова (1961), Ж. Сыдыкова (1956, 1957, 1958) и некоторых других исследователей.

Напорные воды, будучи связаны преимущественно с третично-меловыми и отчасти подстилающими их палеозойскими скальными породами, образуют несколько артезианских и субартезианских бассейнов. Таковыми являются Тобол-Убаганский, Центрально-Тургайский, Мынбулакский и Восточно-Аральский.

Тобол-Убаганский субартезианский бассейн, отделенный от Центрально-Тургайского Семиозерским палеозойским подземным валом, занимает сравнительно неглубокую часть Тургайского прогиба, выполненную третично-меловыми отложениями мощностью до 200—300 *м.*

Подземные воды субартезианского типа приурочены к третичным, меловым, допалеозойским и палеозойским породам.

В допалеозойских и палеозойских породах они залегают в трещиноватой зоне большей частью на глубине 100—300 *м.* Только в приподнятой части междуречья Ишим—Убаган и западнее Наурзумского заповедника напорные и высоконапорные трещинные воды вскрываются на глубине 30—50 *м,* местами — на 50—80 *м.* Находясь в условиях закрытых структур (сверху прикрыты мощной толщей третичных глин), затрудненного водообмена или даже почти застойного режима, трещинные воды отличаются повышенной и высокой минерализацией (5—30 *г/л*) и хлоридно-натриевым составом.

В Наурзумском поднятии у подножия Уральских гор, в верховьях Тобола и Аята они чаще всего являются слабоминерализованными, пригодными для питьевых и хозяйственных целей. Производительность трещинных вод в зависимости от литологии пород и их трещиноватости колеблется от нескольких кубометров до 86—260 *м*^{3}*/сутки* (от десятых долей до 1,3 *л/сек*).

Ввиду повышенной и высокой минерализации артезианские и субартезианские воды допалеозойских и палеозойских отложений, за исключением района, прилегающего к предгорьям Урала, без опреснений для практического использования не пригодны, хотя запасы их весьма значительны.

В меловых (сантон-туронских песках и песчаниках, глинистых песках) и нижнетретичных (палеоцен-эоценовых глауконитовых песках, опоках, опоковых песчаниках) отложениях общей мощностью 30—40 *м* также устанавливаются напорные и высоконапорные воды, но поровопластового типа. Водоносные горизонты, сверху покрытые мощной толщей чеганских глин, в преобладающем большинстве залегают в меловых отложениях на глубинах от 50—100 до 200—300 *м* и в третичных — от 30—50 до 100—200 *м.* По долинам рек, особенно в верховьях их, меловой водоносный горизонт залегает близко к поверхности, а эоценовый даже местами обнажается на поверхности.

Существование в районе глубоких региональных дрен (долины таких рек, как Тобол, Убаган и других), обусловливающих разгрузку во-

доносных горизонтов и водообмен в них, способствует накоплению в эоцен-палеоценовых, местами даже сантон-туронских отложениях пресных, слабосолоноватых и солоноватых подземных вод.

На водоразделе Ишим—Убаган и отчасти на левобережье Тобола в местах мощного покрова чеганских глин и затрудненного водообмена развиты преимущественно соленые воды с минерализацией 5—13 *г/л*. Состав пресных и слабосолоноватых вод изменяется от гидрокарбонатно-натриевого до гидрокарбонатно-хлоридно-натриевого. Соленые воды имеют хлоридно-натриевый и сульфатно-хлоридно-натриевый состав.

Воды мелового горизонта, за исключением участков близкого залегания и придолинных участков, где они относятся к пресным и слабосолоноватым, характеризуются повышенной минерализацией (5—15 *г/л*) и хлоридно-натриевым составом.

Производительность подземных вод палеоцен-эоценовых горизонтов по скважинам чаще всего варьирует от 43 до 860 *м³/сутки* (0,5—10 *л/сек*), редко достигая (в северо-западной части района) 1900 *м³/сутки* (22 *л/сек*). К водораздельным участкам размеры их обычно уменьшаются.

Производительность мелового водоносного горизонта чаще всего не превышает 86—260 *м³/сутки* (1—3 *л/сек*).

Напорные пресные и слабосолоноватые воды третичных и меловых комплексов (развитых в придолинных участках) обладают значительными вековыми ресурсами. Если, учитывая неравномерную водоносность опок и песчаников и спорадическое развитие эоцен-палеоценовых песков, район распространения качественных вод брать равным только 30 000 *км²* (около половины площади бассейна), среднюю мощность палеоцен-эоценового горизонта вместе с опресненной частью мела 10 *м* (в действительности она нередко достигает 30—40 *м*) и коэффициент водоотдачи 0,10, тогда вековые запасы напорных вод составят 30 млрд. *м³*, или 1 млн. *м³* на 1 *км²*.

Беспрерывное и повсеместное использование их в течение 100 лет позволяет извлекать до 5 *м³/сек* (при нормальном извлечении только в определенные часы расход воды можно увеличить до 10 *м³/сек*). Соответственно указанным запасам расходные модули будут составлять 0,16 (0,32) *л/сек* с 1 *км²*.

Разведанные запасы напорных вод только небольших участков составляют в районе Кустаная 0,43 *м³/сек*, в поселке Введенка — 0,3 *м³/сек*, на ж.-д. станции Тургайская — 0,1 *м³/сек* и ж.-д. станции Кушмурун — около 0,04 *м³/сек*.

Воды эоцен-палеоценовых и отчасти сантон-туронских горизонтов довольно широко используются для водоснабжения целинных совхозов, колхозов, рабочих поселков и ж.-д. станций с помощью скважин глубиной от 50—80 до 100—150 *м*.

Тургайский бассейн, отделенный от предыдущего Семиозерским подземным валом, занимает наиболее глубокую часть Тургайского прогиба. Для центральной части бассейна характерным является приуроченность высоконапорных подземных вод к нижнетретичным и верхнемеловым мелкозернистым, нередко глинистым пескам, песчаникам, редко конгломератам, сверху прикрытым мощной толщей глин. Весь этот комплекс мощностью 500—900 *м* слагает обширную мульдообразную впадину. В западной и восточной частях бассейна водоносные горизонты представлены спорадически встречающимися маломощными слоями морских олигоценовых, возможно, и эоцен-палеоценовых мелкозернистых песков. Последние подстилаются разновозрастными допалеозойскими и палеозойскими скальными породами неравномерной трещиноватости.

В центральной части бассейна, занимающей наиболее глубокую часть впадины, глубина залегания водоносных комплексов составляет 200—300 *м* в третичных и 300—600 *м* в меловых (предположительно) отложениях. В западной и восточной частях, приуроченных к склонам широкого тектонического прогиба, водоносные слои залегают на глубинах 50—100 и реже 100—250 *м* (в восточной части).

Закрытые структуры, неблагоприятные условия питания и разгрузки водоносных горизонтов обусловили формирование в центральной части бассейна соленых вод (не менее 5—30 *г/л*) предположительно сульфатно-натриевого и хлоридно-натриевого состава.

По качеству воды склонов бассейна изменяются от пресных (1—1,3 *г/л*) смешанного состава до соленых (10—30 *г/л*) хлоридно-натриевого состава.

Производительность водоносных горизонтов Тургайского бассейна по скважинам колеблется от 10 до 860 *м³/сутки* (0,1—10 *л/сек*).

Тургайский бассейн обладает большими вековыми ресурсами соленых подземных вод хлоридно-сульфатного и хлоридного состава, превышающими 300 млрд. *м³*. Однако без опреснения они практически использоваться почти не могут. Только в краевых частях бассейна, особенно ближе к Уралтау-Мугоджарским горам, имеются пресные и слабосолоноватые воды, которые с помощью скважин глубиной 50—100 *м* могут эксплуатироваться главным образом сельскохозяйственными объектами.

Артезианские бассейны южной части Тургайской равнины, как и в северных ее частях, приурочены к нижнетретичным и меловым песчаным комплексам. Однако напорные воды, находясь в неблагоприятных условиях формирования, на значительной части территории отличаются повышенной и высокой минерализацией и поэтому не представляют практического интереса. Заслуживающими внимания с точки зрения практического использования являются только напорные подземные воды Мынбулакского и Восточно-Аральского бассейнов.

В Мынбулакском бассейне, согласно Б. А. Петрушевскому (1939), водоносные горизонты представлены сверху палеоценовыми среднезернистыми песками мощностью около 20 *м*, а внизу — верхнемеловыми мелкозернистыми, нередко глинистыми песками. Комплекс водовмещающих отложений, слагающих мульдообразную структуру, сверху перекрыт толщей чеганских глин. Глубина залегания водоносных комплексов варьирует от 50—100 *м* в третичных отложениях до 150—300 *м* в меловых.

Водоносные горизонты палеоцена, возможно и мела, разгружаясь в западной части бассейна, дают начало многочисленным источникам Мынбулак (тысяча родников), общий расход которых вместе с мочажинами ориентировочно составляет 0,5 *м³/сек*. Напорные воды большей частью относятся к пресным и слабосолоноватым смешанного или гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого состава. Химический состав вод источников Мынбулак следующий:

$$M_{(0,775-2,05)} \frac{S^{20,4}_{0,211}\, C^{17,6}_{0,232}\, Cl^{12,0}_{0,091} - Cl^{22,8}_{0,498}\, S^{20,1}_{0,595}\, C^{7,1}_{0,262}}{Na^{44,8}_{0,220}\, Ca^{3,3}_{0,014}\, Mg^{1,9}_{0,005} - Na^{48,6}_{0,68}\, Mg^{1,2}_{0,09}\, Ca^{0,65}_{0,008}}.$$

В западном, северо-западном и юго-западном направлениях минерализация напорных вод, по крайней мере неглубоких горизонтов, значительно повышается, и они приобретают солоноватый и соленый привкус.

Производительность водоносных горизонтов по скважинам большей частью колеблется от 86 до 860 *м³/сутки* (1—10 *л/сек*). Вековые ресур-

сы пресных и слабосолоноватых третичных песков при площади 12 000 *км*², средней мощности 20 *м* и меловых отложений при площади 40 000 *км*² и средней мощности 20 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,12 составляют 120 млрд. *м*³ (не считая 40 млрд. *м*³ солоноватых и слабосоленых вод), или 3 млн. *м*³ на 1 *км*². Беспрерывное извлечение половины указанного количества в течение 100 лет даст расход 20 *м*³/*сек* (при нормальной эксплуатации в вегетационные периоды извлечение можно довести до 40 *м*³/*сек*). В случае использования 80% вековых запасов количество извлекаемой воды увеличится до 32 (64) *м*³/*сек*. Расходные модули артезианских вод соответственно будут равны 0,6 (1,2) *л*/*сек* с 1 *км*².

Артезианские воды Мынбулакского бассейна в ближайшем будущем найдут широкое применение для обводнения пастбищ, оазисного орошения, водоснабжения железной дороги Джусалы — Карсакпай. Они могут эксплуатироваться с помощью скважин глубиной от 100 до 300 *м*.

В Восточно-Аральском бассейне, расположенном между Мынбулакским бассейном на востоке и г. Аральском на западе, основной горизонт, содержащий высоконапорные воды, приурочен к хорошо выдержанным меловым (сантон-коньякским) среднезернистым и мелкозернистым, местами глинистым пескам мощностью от 8 до 16 *м*.

Глубина залегания указанного горизонта, равная 250 *м* у г. Аральска, уменьшается до 150 *м* в Нижне-Сырдарьинском поднятии (рис. 48).

Можно предполагать, что в районе Кайнарбулакской возвышенности, где местами наблюдаются восходящие источники, этот горизонт залегания еще ближе к поверхности земли.

Питание водоносного горизонта происходит, по-видимому, как за счет подтока подземных вод со стороны Мынбулакского бассейна, так и частичного проникновения атмосферных осадков в пределах Кайнарбулакской возвышенности.

Минерализация напорных вод в Нижне-Сырдарьинском поднятии, расположенном в 45—90 *км* на восток от г. Аральска (скважины № 8 и 10), колеблется от 2,6 до 3,2 *г*/*л*. Состав воды преимущественно хлоридно-натриевый:

$$M_{(2,6-3,2)}\frac{Cl^{24,5}_{0,775}\,S^{12,75}_{0,053}\,C^{12,75}_{0,659} - Cl^{26,45}_{1,12}\,S^{12,15}_{0,622}\,C^{11,4}_{0,744}}{Na^{47,7}_{0,948}\,Mg^{1,15}_{0,013}\,Ca^{1,15}_{0,014} - Na^{48,3}_{1,180}\,Mg^{0,85}_{0,011}\,Ca^{0,85}_{0,018}}.$$

В сторону г. Аральска (скважины № 3 и 7) сухой остаток в воде постепенно повышается от 3,2 до 9,8 *г*/*л*. Состав воды приобретает исключительно хлоридно-натриевый характер:

$$M_{(7,05-9,01)}\frac{Cl^{31,45}_{2,51}\,S^{15,5}_{1,73}\,C^{3,05}_{0,4} - Cl^{34,9}_{3,52}\,S^{13,4}_{1,91}\,C^{1,7}_{0,30}}{Na^{47,35}_{2,45}\,Ca^{1,33}_{0,06}\,Mg^{1,32}_{0,04} - Na^{46,5}_{3,05}\,Ca^{1,75}_{0,11}\,Mg^{1,75}_{0,06}}.$$

Производительность нижнесенонских водоносных горизонтов по аналогии с Кзылкумским бассейном можно принять от 34 до 860 *м*³/*сек* (от 0,4 до 10 *л*/*сек*).

Вековые ресурсы слабосолоноватых напорных вод Восточно-Аральского бассейна при площади около 19 тыс. *км*², средней мощности 12 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 составляют 34 млрд. *м*³, или 1,7 млн. *м*³ на 1 *км*².

Непрерывная эксплуатация только половины указанных ресурсов в течение 100 лет позволит ежесекундно извлекать до 5,6 *м*³/*сек* (при

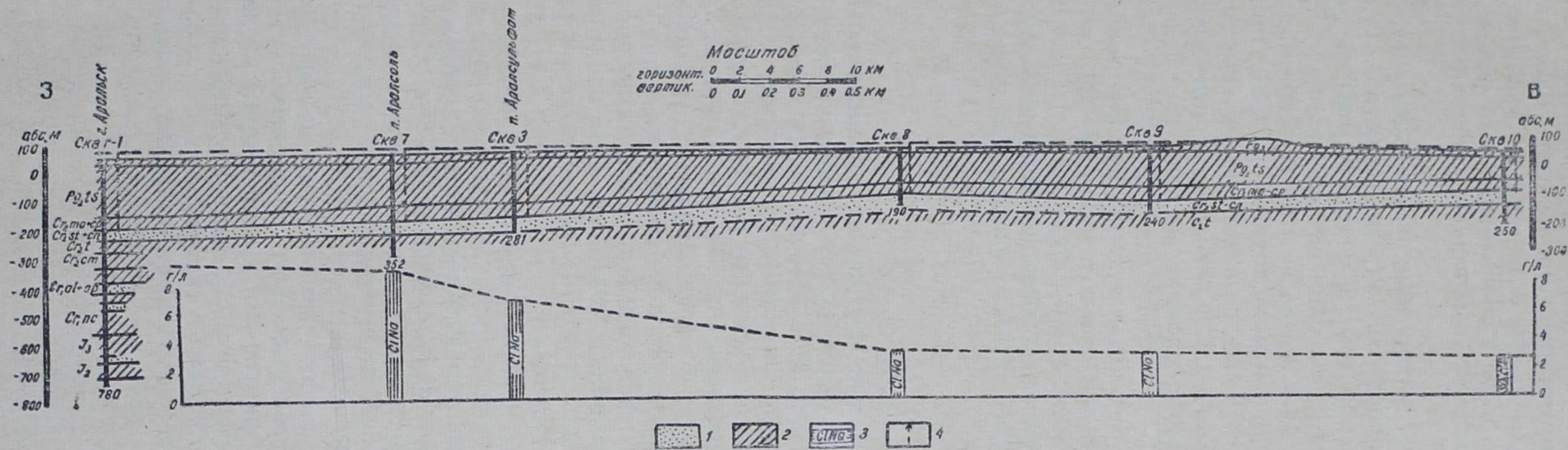


Рис. 48. Геолого-гидрогеологический профиль по линии г. Аральск—Нижне-Сырдарьинское поднятие (по Ж. Сыдыкову).
1— основные водоносные горизонты; *2*— практически безводные отложения; *3*—минерализация напорных вод нижнесенонских отложений и их химический состав; *4*—уровни вскрытия и установления напорных вод нижнесенонских отложений.

нормальном извлечении расход можно довести до 11,2 *м³/сек*). Расходные модули при этом будут равны 0,3 (0,6) *л/сек* с 1 *км²*.

Артезианские воды Восточно-Аральского бассейна, обладающие большими ресурсами, высокими напорами и сравнительно небольшой минерализацией, могут быть использованы для обводнений пастбищ и оазисного орошения земель с помощью скважин глубиной от 150 до 200 *м*.

Прогнозные вековые эксплуатационные запасы пресных слабосолоноватых и отчасти солоноватых артезианских вод Тургайских равнин распределяются таким образом. В северной степной зоне при 50-процентном и непрерывном извлечении они составляют 5 *м³/сек* (при нормальном извлечении в дневные часы и по сезонам расход можно довести до 10 *м³/сек*). Усредненные расходные модули при этом составят 0,16 (0,32) *л/сек* с 1 *км²*. В центральной полупустынной зоне вековые артезианские воды в количестве 330 млрд. *м³* относятся в основном к соленым, а пресные и слабосолоноватые пока что остаются очень слабо изученными.

В южной зоне полупустынь и пустынь при 50-процентном непрерывном извлечении ресурсы составляют около 25 (50) *м³/сек* с соответствующими расходными модулями 0,4 (0,8) *л/сек* с 1 *км²*. При 80-процентном извлечении (из Мынбулакского бассейна) эксплуатационные запасы увеличатся до 37 (74) *м³/сек*. Расходные модули будут равны 1,1 (2,2) *л/сек* с 1 *км²*.

* * *

Изложенное показывает, что район Тургайских равнин, несмотря на сложные гидрогеологические условия, обусловленные спорадическим развитием водовмещающих комплексов пород среди третичных отложений, затрудненным водообменом в водоносных горизонтах, все же обладает значительными прогнозными ресурсами пресных и слабосолоноватых грунтовых и артезианских вод. Все учтенные прогнозные вековые многолетние и ежегодно возобновляемые региональные запасы пресных и слабосолоноватых, отчасти солоноватых грунтовых вод района, которые могут быть извлечены при соответствующих технико-экономических условиях, составляют 70 *м³/сек*. При извлечении грунтовых вод только в дневные часы и вегетационные сезоны для орошения расход можно довести до 140 *м³/сек*.

Все учтенные прогнозные вековые запасы пресных и слабосолоноватых артезианских и субартезианских вод северной и южной гидрогеологических зон района при повсеместном и непрерывном их использовании в течение 100 лет оцениваются в 31 *м³/сек*. При извлечении их в основном в дневные часы (для водоснабжения) и для обводнения и оазисного орошения в вегетационные сезоны расход подземных вод может быть доведен до 62 *м³/сек*.

Следовательно, все прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод обширных Тургайских равнин площадью 380 тыс. *км²* варьируют в зависимости от характера расходования от 100 до 200 *м³/сек*, что при рациональном извлечении на многих участках может удовлетворить потребность в воде целинных колхозов, совхозов, пастбищ и отчасти промышленных предприятий.

XIII. ВЫСОКОГОРНЫЕ РАЙОНЫ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Н. Ф. КОЛОТИЛИН, А. С. БОЧКАРЕВ

Рассматриваемый гидрогеологический район включает наиболее крупные горные сооружения северных цепей Тянь-Шаня и хребта Джунгарского Алатау. В орографическом отношении он резко отличается от окаймляющих его предгорных впадин, представляя для последних основную область питания подземных вод. В северо-восточной части района поднимается высокогорный хребет Джунгарский Алатау (4600 *м*). К югу расположен хребет Кетмень (3600 *м*). Центральная часть района занята одним из наиболее высоких хребтов Северного Тянь-Шаня — Заилийским Алатау (5000 *м*) с его многочисленными ледниками. На участке Чилико-Кеминского горного узла к нему примыкает хребет Кунгей (4300 *м*), входящий на территорию Казахстана только своей северо-западной частью. На западе выделяются горные сооружения Киргизского хребта и отроги Таласского Алатау, уходящие за пределы республики. Крайнюю юго-восточную часть территории занимает участок северного склона хребта Терскей (4500—4700 *м*), к югу от которого поднимается одна из высочайших вершин Тянь-Шаня — пик Хан-Тенгри (6995 *м*).

Характерной особенностью района является широкое развитие высокогорного крутосклонного рельефа с резко выраженными следами ледниковой моделировки и сложным многоярусным строением, свойственным областям новейших поднятий. Около 20% площади занято современными ледниками. Наряду со скульптурными в пределах высокогорья широко распространены аккумулятивные формы рельефа, связанные с современными и древними ледниковыми образованиями, представленными рыхлообломочным материалом (рис. 49). Породы палеозойского цоколя в значительной мере трещиноваты, а в зонах тектонических нарушений, как правило, сильно раздроблены.

Далее последовательно причленяются ярусы средне- и низкогорного рельефа, обычно разделяемые морфологически выраженными тектоническими ступенями.

В климатическом отношении район характеризуется сложной гаммой переходов от континентального климата предгорных равнин до субнивального климата высокогорий включительно.

Отличительной климатической особенностью является значительное годовое количество атмосферных осадков, варьирующее от 450—500 *мм* на равнине до 800—900 *мм* в пределах высокогорья. Свыше

50% всех осадков выпадает в течение весеннего и летнего периодов. В интервалах высот 2700—2800 *м* и более в годовом разрезе преобладают

Рис. 49. Моренные отложения в верховьях р. Малой Алматинки (хр. Заилийский Алатау).

осадки в твердой фазе. В пределах описываемого района происходит основное формирование стока, обусловленное сочетанием ряда факторов. В зоне высокогорья в общем водном балансе питания поверхностных и подземных вод главную роль играет таяние снежников и ледников, удельный вес которого в верховьях крупных речных долин (типа Талгара и Каскелена в Заилийском Алатау) достигает 80—90% от общей величины годового стока (Пальгов, 1958). В нижележащих зонах главной составляющей положительной частью водного баланса являются атмосферные осадки и инфильтрационные воды.

Поверхностными водами район наиболее обеспечен в пределах центральной и северо-восточной частей, где густота сети постоянно действующих водотоков составляет 2—6 *км* на 100 *пог. км*.

Наиболее значительные по водности реки северных склонов Джунгарского и Заилийского Алатау имеют среднегодовые расходы от 2—5 до 25—30 $м^3/сек$. В периоды сезонных кратковременных паводков максимальные расходы рек в 5—6 раз, а иногда и более превышают среднемесячные.

В геологическом строении района участвуют разнообразные по своему составу, генезису и возрасту породы. Осевые части горных хребтов, как правило, сложены разновозрастными гранитными интрузиями. К нижним ярусам рельефа обычно приурочен комплекс эффузивно-осадочных пород палеозоя: известняков, песчаников, алевролитов, эффузивов и их туфов.

В пределах Джунгарского и западной части Заилийского Алатау обнажаются интенсивно дислоцированные толщи метаморфизованных пород: гнейсов, кварцитов, кристаллических сланцев и амфиболитов, относимых по возрасту к нижнему протерозою. Более молодые отложения представлены красными неогеновыми глинами, развитыми на восточном фланге Заилийского Алатау, и рыхлыми конгломератами неоген-четвертичного возраста, в основном распространенными в бассейнах рек Чилика и Ассы. Антропогеновые отложения в большей своей части представлены грубообломочным материалом морен, флювиогляциальными накоплениями валунно-галечникового состава, разнообразными по механическому составу делювиально-пролювиальными образованиями и аллювиальными отложениями горных рек. В структурном отношении наиболее крупные горные сооружения района (Заилийский, Джунгарский Алатау, хребет Кетмень и другие) являются обособленными в рельефе мегантиклиналями, осложненными многочисленными разрывными нарушениями преобладающего широтного и северо-восточного направлений. При этом система Джунгарского Алатау по своим

структурно-тектоническим признакам отвечает структурам герцинской складчатости, тогда как хребты Северного Тянь-Шаня в основном представлены каледонскими структурами. Все без исключения высокогорные районы Южного Казахстана относятся к зонам высокой сейсмической балльности, одновременно представляя арену интенсивной деятельности экзогенных физико-геологических процессов.

Таким образом, по совокупности природно-геологических факторов описываемый район может рассматриваться как одна из основных областей питания артезианских и грунтовых вод, аккумулирующихся у подножий хребтов Северного Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау.

Основные закономерности формирования, распределения и динамики подземных вод района обусловлены совокупностью его природно-геологических и в первую очередь геолого-тектонических факторов.

Одной из характерных особенностей является наличие интенсивной трещиноватости в осадочных, метаморфических и особенно в изверженных породах. Наибольшая трещиноватость свойственна гранитам. В меньшей степени трещиноваты породы эффузивно-осадочных толщ. Зона распространения активной трещиноватости колеблется от 100—120 *м* в гранитоидах до 60—80 *м* в эффузивах и породах осадочного комплекса. Талые воды снежников и ледников, а в нижних поясах высокогорья до 10—15% атмосферных осадков интенсивно поглощаются трещинами и под влиянием гравитационных факторов следуют в направлении господствующих уклонов, обычно выклиниваясь в нижней части глубоких эрозионных врезов. Значительная часть потока движется в направлении предгорных равнин, обусловливая в дальнейшем пополнение мощных артезианских горизонтов. Зоны крупных тектонических нарушений, где широко распространены различные типы тектонокластитов (до грубомилонитов включительно), в пределах верхних ландшафтных поясов обычно являются активными участками формирования подземного стока. Ближе к периферии хребта чаще наблюдается обратный процесс разгрузки и глубокого дренирования.

На водоразделах местами происходит выклинивание подземных вод на различных гипсометрических уровнях за счет естественного кольматажа трещин или резких фациальных изменений пород водовмещающих толщ. Водоносные горизонты, как правило, имеют между собой гидравлическую связь, однако в ряде случаев они характеризуются и локальным проявлением. Выровненные участки высокогорий и прибортовые части горных долин, выполненные рыхлообломочным материалом ледниковых и водно-ледниковых отложений, также способствуют здесь формированию пресных подземных вод хорошего качества.

Анализ гидрогеологических условий и особенностей формирования стока в условиях рассматриваемого района удобнее вести применительно к упомянутым выше крупным горным сооружениям, рассматриваемым как самостоятельные гидрогеологические районы второго порядка. Краткая характеристика каждого из них приводится ниже.

Хребет Джунгарский Алатау

Хребет Джунгарский Алатау простирается в пределах северо-восточной части района почти на 400 *км* по фронту и на 80 *км* в ширину. В орографическом отношении он делится на две самостоятельные ветви: северную (Центральный хребет) и южную, разобщенные между собой продольной депрессией, по дну которой протекают наиболее крупные здесь реки Коксу и Боротал. Рельеф описываемой территории на

большей части высокогорный, крутосклонный, а в пределах осевых линий хребтов — высокогорно-ледниковый (альпийский). Склоны имеют ступенчатое строение, обусловленное новейшими тектоническими поднятиями. Преобладающими типами горных пород являются эффузивно-осадочные: известняки, песчаники, сланцы, алевролиты, эффузивы различного состава и их туфы, преимущественно палеозойские.

В пределах высокогорья широко распространены гранитные интрузии в основном герцинского возраста. Геологическое строение указанной территории предопределяет развитие здесь преимущественно трещинных вод. На территории высокогорных массивов Джунгарского Алатау могут быть выделены два основных водоносных комплекса: 1) гранитные интрузии и 2) эффузивно-осадочные толщи.

Гранитные интрузии преобладают на большей части площади. Основным источником питания здесь являются атмосферные осадки, а также талые воды снежников и ледников.

Глубина залегания подземных вод вследствие сильного расчленения рельефа и наличия глубоких естественных дрен варьирует в широких пределах — от 0 до 100 *м* и более. Расходы водоисточников колеблются от 8,6 до 43,2 *м*^{3}/*сутки* (0,1—0,5 *л/сек*), а в зонах крупных тектонических нарушений достигают 432 *м*^{3}/*сутки* (5 *л/сек*). Модули внутреннего стока, обусловливающие возобновляемые запасы подземных вод, составляют 2—2,5 *л/сек* с 1 *км*^{2} при общей площади распространения водоносных горизонтов 4000 *км*^{2}. По качеству это хорошие пресные или ультрапресные воды гидрокарбонатного состава, с величиной плотного остатка менее 0,5 *г/л*. Приводим типовой анализ воды одного из источников в верховьях р. Саркан (по формуле Курлова):

$$M_{0,41}\ \frac{C^{45}_{0,22}\ S^{5}_{0,11}}{Ca^{35}_{0,06}\ Mg^{13,5}_{0,01}}.$$

Трещинные воды описываемого комплекса имеют важное значение для водообеспечения высокогорных пастбищ, особенно в условиях отсутствия близко расположенных поверхностных водотоков с малыми глубинами эрозионного вреза.

Практическое использование вод возможно путем расчистки родников и оборудования их простейшими каптажными сооружениями.

Эффузивно-осадочные толщи представлены различными по составу известняками, песчаниками, алевролитами и эффузивами. Наибольшей обводненностью обладают породы карбонатного состава, где расходы отдельных источников достигают 86,4—129,6 *м*^{3}/*сутки* (1—1,5 *л/сек*). В зонах тектонических нарушений дебиты родников увеличиваются до 259,2—432,0 *м*^{3}/*сутки* и более. С региональными тектоническими нарушениями иногда связаны минеральные воды, к числу которых относятся хорошо известные в Казахстане Копал-Арасанские термы, расположенные на северном склоне Джунгарского Алатау и обладающие ценными бальнеологическими качествами.

Химический состав (по формуле Курлова) одного из источников Копал-Арасана следующий:

$$M_{0,5}\ \frac{S^{22}_{0,11}\ Cl^{17,5}_{0,17}\ C^{10,5}_{0,10}}{Na^{44}_{0,17}\ Ca^{5,5}_{0,02}}.$$

Преобладающие величины дебитов трещинных источников в породах эффузивно-осадочных толщ составляют 8,6—43,2 *м*^{3}/*сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Глубины залегания в связи с интенсивно-расчлененным

рельефом колеблются в широких пределах (от 0 до 100 *м*). По качеству воды хорошие, пресные, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого состава, с величиной плотного остатка менее 0,5 *г/л*. Модули внутреннего стока варьируют от 0,5 до 0,8 *л/сек* с 1 *км*² в зависимости от ландшафтной приуроченности и литологического состава водовмещающих толщ. Использование этих вод возможно путем расчистки их естественных выходов с последующим устройством каптажей инженерного типа. В зонах тектонических нарушений, в условиях, доступных для транспортирования бурового оборудования, можно сооружать трубчатые колодцы глубиной до 70—80 *м* при заложении их в нижней части склонов.

Дополнительным резервом водообеспечения на участках высокогорных пастбищ являются воды морен, обычно выклинивающиеся в местных понижениях рельефа.

Хребет Кетмень

Хребет Кетмень расположен южнее Джунгарского Алатау, отделяясь от его отрогов обширной Илийской впадиной. В отличие от других хребтов Северного Тянь-Шаня, для него характерно отсутствие яруса типичного гляциального рельефа. Параллельно основному, северо-восточному, простиранию хребта вытягивается серия тектонических разломов, из которых наибольшую амплитуду имеет крайний северный сброс, отделяющий хребет от причлененной к нему предгорной равнины. Основная часть поверхностных водостоков сосредоточена на северном склоне. Среднегодовые расходы их, как правило, не превышают 1,0—1,25 *м*³/*сек*. Наиболее крупная водная артерия — р. Чалкудысу — отделяет юго-восточный склон собственно Кетменского хребта от его крайней южной ветви — хребта Каратау, причлененного к нему в районе плато Уш-Хасан. В геологическом строении хребта основное место принадлежит породам эффузивно-осадочной толщи: кварцевым порфирам, андезитовым порфиритам, их туфам, туфовым песчаникам и известнякам, относимым Н. Г. Кассиным (1947) и С. С. Шульцем (1948) к среднему и верхнему палеозою.

Осевые части хребта сложены преимущественно гранитоидами. Главными водоносными комплексами здесь являются: 1) гранитные интрузии и 2) эффузивно-осадочная толща.

Гранитные интрузии имеют общую площадь распространения около 900 *км*². К ним обычно приурочены трещинные воды хорошего качества при общей величине плотного остатка в пределах 0,3—0,5 *г/л*. Состав их преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый. Модули внутреннего стока исчисляются в 5—7 *л/сек* с 1 *км*², что обусловливает значительную величину возобновляемых запасов. Эксплуатация возможна путем устройства простейших каптажей отдельных источников, средние расходы которых составляют 43,2—172,8 *м*³/*сутки* (0,5—2 *л/сек*), возрастая в зонах тектонических нарушений до 432 *м*³/*сутки* (5 *л/сек*).

Эффузивно-осадочная толща имеет более широкое распространение, причем наиболее обводненными породами являются известняки; расходы водоисточников 226—432 *м*³/*сутки* (2,5—5 *л/сек*). Менее водообильны эффузивы и песчаники, где расходы отдельных источников уменьшаются до 8,6—43,2 *м*³/*сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Модули внутреннего стока соответственно варьируют от 10—15 *л/сек* с 1 *км*² для известняков до 3—5 *л/сек* с 1 *км*² для песчаников и эффузивов. По качеству воды удовлетворяют всем основным требованиям (плотный остаток менее 1 *г/л*, состав преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый).

Практическое использование их возможно путем каптирования родников, а в зонах развития карбонатных пород и крупных тектонических нарушений — с помощью буровых скважин глубиной до 70—80 *м*, закладываемых в нижних частях склонов крупных дренирующих понижений. В этом отношении наиболее перспективным явится центральный участок юго-восточного склона хребта, прилегающего к долине р. Чалкудысу.

Хребет Заилийский Алатау

Хребет Заилийский Алатау, достигающий в пределах Талгарского горного узла абсолютной высоты 5017 *м*, имеет близкое к широтному простирание и занимает почти всю центральную часть района общим протяжением по фронту до 300 *км*.

Наиболее приподнята средняя часть хребта, где расположены его главные очаги оледенения. К востоку и западу хребет постепенно понижается, переходя на западе, в районе гор Кендыктас, в типичное низкогорье. В пределы казахстанской части Заилийский Алатау входит только своим северным склоном, расчлененным глубокими поперечными долинами, по дну которых протекают бурные реки. Наиболее многоводными являются реки Талгар, Каскелен, Малая и Большая Алматинки, имеющие среднегодовые расходы от 2 до 15 $м^3/сек$. На востоке крупным горным водотоком является р. Чилик (35 $м^3/сек$). Количество осадков варьирует от 450 *мм* в предгорьях до 800—880 *мм* в пределах горной части. Рельеф северного склона Заилийского Алатау в основном высокогорный и, подобно рельефу Джунгарских хребтов, характеризуется сложным многоярусным строением, обусловленным тектонической природой горных ступеней.

В геологическом строении хребта главное участие принимают гранитоиды, преимущественно герцинского возраста. В пределах восточной части распространены породы эффузивно-осадочной толщи: кварцевые порфиры, плагиоклазовые порфириты, туфогенные образования и в меньшей степени известняки и алевролиты. На западе встречаются древние сильнометаморфизованные отложения протерозоя: хлоритовые сланцы, амфиболиты и гнейсы. Преобладающим типом подземных вод являются трещинные, связанные как с тектоническими разломами, так и с трещинами экзогенного характера. Глубина их залегания крайне изменчива, в значительной степени зависит от рельефа и варьирует от 0 до 100 *м*. Дебиты источников колеблются от 8—43 $м^3/сутки$ (0,1—0,5 *л/сек*) в породах эффузивно-осадочной толщи до 130—170 $м^3/сутки$ (1,5—2 *л/сек*) в гранитах. Наиболее обводнены зоны новейших тектонических нарушений, где местами встречаются родники с расходами, превышающими 430 $м^3/сутки$ (5 *л/сек*).

К некоторым древним разломам, обновленным в период альпийской складчатости, приурочены термальные воды, обладающие ценными бальнеологическими качествами. Таковы Алмаарасанские, Тургенские и Талгарские минеральные источники, представляющие собой термы сероводородно-сульфатно-карбонатно-натриевого состава. Модули внутреннего стока колеблются в пределах от 8 до 15 *л/сек* с 1 $км^2$, достигая наибольших значений в области развития гранитных интрузий. Качество вод хорошее. По составу они относятся к пресным, гидрокарбонатным, с величиной плотного остатка 0,2—0,5 *г/л*.

Приводим формулу Курлова для одного из характерных трещинных источников в бассейне Малой Алматинки, связанных с лейкократовыми гранитами:

$$M_{0,29}\ \frac{C_{0,13}^{45,0}\ S_{0,01}^{5,0}}{Ca_{0,03}^{33,0}\ Mg_{0,01}^{9,5}\ Na_{0,01}^{7,5}}.$$

Трещинные воды являются важным источником водообеспечения высокогорных пастбищ, расположенных на дренированных участках междуречий, где глубина эрозионного расчленения исчисляется десятками, а в ряде случаев сотнями метров. В этих условиях целесообразно каптирование отдельных родников с последующим устройством простейших водозаборов. В пределах среднегорья (рис. 50) перспективными явятся зоны тектонических нарушений, где возможно заложение буровых скважин глубиной до 80—100 *м* в нижних бортовых частях долин. Как дополнительный резерв могут быть использованы воды рыхлых моренных отложений на участках их выклинивания.

Рис. 50. Зона среднегорья в Заилийском Алатау.

Хребет Кунгей Алатау

Хребет Кунгей Алатау входит в пределы казахстанской территории в основном своей северо-западной частью. В климатическом, геоморфологическом и геологическом отношении этот подрайон значительно сходен с Заилийским Алатау, отличаясь от него только меньшей площадью оледенения и более слабым развитием гидрографической сети. На территории Кунгей Алатау развиты преимущественно трещинные воды, приуроченные к различным по составу и возрасту изверженным и эффузивно-осадочным породам. Северный склон Кунгея глубоко расчленен, поэтому глубина залегания подземных вод колеблется в широких пределах — 0—100 *м*. Расходы отдельных водоисточников составляют от 43 до 432 *м*^{3}/*сек* (0,5—5 *л/сек*). Величина модулей внутреннего стока близка к таковой же для Заилийского Алатау (1,0—1,8 *л/сек* с 1 *км*^{2}). Воды исключительно пресные, в основном гидрокарбонатного состава, с плотным остатком менее 0,5 *г/л*. Эксплуатационные рекомендации те же, что и для предыдущего подрайона.

Хребет Терскей Алатау

Хребет Терскей Алатау занимает небольшую (465 *км*²) площадь в пределах юго-восточной части описываемого района и представляет типичную высокогорную страну, около 26% которой на территории Казахстана покрыто мощными ледниками. Подрайон в достаточной мере обеспечен поверхностными водами (наиболее крупные реки ледникового питания — Нарынкол и Баянкол). Однако наряду с поверхностными в общем водном балансе высокогорной территории известную роль играют и трещинные подземные воды. Водовмещающими породами являются граниты, мраморизованные известняки и песчаники различного, но преимущественно верхнепалеозойского возраста. Интервал глубин залегания в связи с большим расчленением рельефа составляет 0—100 *м*. Модули внутреннего стока обычно близки к 10—2 *л/сек* с 1 *км*². Качество вод хорошее, плотный остаток менее 0,5 *г/л*, состав гидрокарбонатный. Трещинные воды могут быть использованы в условиях высокогорных пастбищ как дополнительный источник водоснабжения путем каптирования родников, расходы которых местами достигают 432 *м*³/*сутки* (5 *л/сек*).

Киргизский хребет

Киргизский хребет входит на территорию республики только своим северным склоном в западной части района. Значительная площадь хребта на этом протяжении еще сохраняет высокогорный облик, однако преобладающим является уже расчлененный среднегорный рельеф. Поверхностными водотоками этот подрайон сравнительно беден. Годовое количество осадков также уменьшается (в среднем до 500—550 *мм*).

Наиболее распространенными типами водовмещающих горных пород являются эффузивы и в меньшей степени — различные по составу гранитоиды, с которыми повсеместно связаны трещинные воды. Средние величины дебитов родников колеблются от 13 до 130 *м*³/*сутки* (0,15—1,5 *л/сек*), возрастая в зонах новейших тектонических нарушений до 172—259 *м*³/*сутки* (2—3 *л/сек*). Значения модулей внутреннего стока обычно близки к 6—8 *л/сек* с 1 *км*². Подрайон хорошо дренирован, вследствие чего подземные воды нередко погружаются здесь на глубину до 100 *м* и более.

Воды, как правило, пресные, гидрокарбонатные, с плотным остатком менее 1,0 *г/л*. Наиболее рациональные способы эксплуатации подземных вод — каптаж родников в пределах высокогорья и заложение трубчатых буровых колодцев глубиной до 80—100 *м* в тектонических обводненных зонах нижних ландшафтных поясов по периферии хребта.

Хребет Таласский Алатау

Хребет Таласский Алатау в большей своей части располагается на территории Киргизской ССР. В пределы Казахстана входят только его северо-западные отроги — Угамский и прилегающий Боролдайский хребты. По характеру рельефа и своим климатическим особенностям подрайон скорее относится к области среднегорья с относительно мягкими, сглаженными контурами рельефа и абсолютными высотами до 2200—2400 *м* (рис. 51). Лишь незначительная часть его южной территории является непосредственным продолжением соответствующих ярусов высокогорья

Климат подрайона умеренный, с общим годовым количеством осадков 500 *мм*. Склоны расчленены поперечными долинами со сравнительно редкой сетью крупных поверхностных водотоков. Преобладающими

Рис. 51. Фрагмент морфологического ландшафта Таласского Алатау.

породами водовмещающего комплекса являются эффузивно-осадочные, среди которых наибольший интерес в гидрогеологическом отношении представляют известняки. С последними обычно связаны трещинно-карстовые воды. Глубина их залегания колеблется от 0 до 50 *м*. Модули внутреннего стока составляют до 20 *л/сек* с 1 *км*^{2}.

Воды имеют низкую минерализацию (менее 1 *г/л*) и гидрокарбонатно-кальциевый состав. В местах интенсивного проявления карста расходы отдельных водопунктов достигают 860—2600 *м*^{3}*/сутки* (1,0—30 *л/сек*). Средние же величины обычно колеблются в пределах 1—2 *л/сек*. Использовать эти воды можно путем расчистки их естественных выходов с последующим устройством простейших каптажей инженерного типа. При соответствующих структурно-геологических условиях в зонах развития карбонатных пород целесообразнее закладывать трубчатые колодцы глубиной 80—100 *м*.

* * *

Как видно из всего изложенного, описываемый гидрогеологический район представляет основную область питания водоносных горизонтов предгорных впадин, причлененных к сооружениям Джунгарского Алатау и Северного Тянь-Шаня. Наряду с этим необходимо отметить значительный удельный вес подземных вод в его общем водном балансе. Эти воды вместе с поверхностным стоком следует рассматривать как существенный резерв дополнительного обеспечения водой населенных пунктов, участков лесоразработок и пастбищ, а также курортно-оздоровительных учреждений, расположенных за пределами речных долин, в труднодоступной горной местности.

XIV. СРЕДНЕГОРНЫЕ И НИЗКОГОРНЫЕ РАЙОНЫ ЮГА КАЗАХСТАНА

А. С. БОЧКАРЕВ, В. Ф. ШЛЫГИНА, С. ЖАПАРХАНОВ

Среднегорные и низкогорные районы юга Казахстана в большей своей части прилегают к высокогорным районам Южного Казахстана, т. е. к областям интенсивного проявления новейшей тектоники. В геоморфологическом отношении они изменяются от типичного среднегорья на юге и западе до мелкосопочника в своих северных периферических окончаниях.

Гидрогеологические условия района отличаются от предыдущего разнообразием, хотя по преобладающим типам распространенных здесь подземных вод он имеет некоторое сходство с ним.

По совокупности геолого-геоморфологических и гидрогеологических условий вся рассматриваемая территория может быть разделена на три основных подрайона (рис. 1):

1. Северо-западные и западные отроги Джунгарского Алатау.
2. Чу-Илийские горы, Кендыктас и плато Карой.
3. Хребет Каратау и его отроги.

Первый из указанных подрайонов описан А. С. Бочкаревым, второй — В. Ф. Шлыгиной, третий — С. Жапархановым.

Северо-западные и западные отроги Джунгарского Алатау

Подрайон ограничивается с запада долиной р. Или, а на севере и северо-западе его естественной границей является предгорная равнина, к югу от которой простираются среднегорные и низкогорные массивы северо-западных и западных отрогов Джунгарского Алатау, состоящие из нескольких ступенчато расположенных хребтов, разделенных продольными межгорными понижениями.

Основными водными артериями этой части района являются реки Каратал, Аксу, Лепса и их притоки. Преобладающий источник питания рек — талые воды сезонных снегов и ледников, а также подземный сток. Наибольшая часть годового поверхностного стока (около 80%) приходится на апрель — сентябрь. В зимние месяцы реки питаются преимущественно за счет подземного подтока.

Климат подрайона резко континентальный. Среднегодовое количество осадков варьирует в следующих пределах: 351 *мм* — Талды-Курган, 382 *мм* — Кугалы, 605 *мм* — Кос-Агач.

В геолого-тектоническом отношении подрайон представляет совокупность палеозойских горных сооружений, сложенных преимущественно породами эффузивно-осадочного комплекса (порфиры, порфириты, песчаники, конгломераты, аргиллиты и др.). Они сильно дислоцированы и разбиты серией тектонических разломов.

Характерной чертой геоморфологического строения северо-западных отрогов Джунгарского Алатау является широкое развитие сглаженного платообразного полого-волнистого рельефа. Наличие хорошо водопроницаемого рыхлообломочного материала на склонах гор (моренные и делювиально-пролювиальные валунно-галечниковые и крупнообломочные отложения), в речных долинах (аллювиально-пролювиальные валунно-галечниковые отложения), а также значительная трещиноватость коренных пород обусловливают здесь формирование значительных запасов подземных вод. Однако основной областью формирования подзем-

ных вод подрайона являются примыкающие с юго-востока среднегорные и высокогорные массивы хребта Джунгарский Алатау.

Большое количество атмосферных осадков (до 1100 *мм*), характерное для средневысотного ландшафтного пояса, и энергично протекающие процессы таяния многочисленных снежников и ледников в пределах высокогорной зоны обусловливают пополнение водных ресурсов района, значительная часть которых расходуется путем подземного стока, следующего в направлении господствующих уклонов. Необходимо отметить, что очень большое количество ледников Джунгарского Алатау (более 700), составляющих в площадном выражении только в пределах Казахстана более 950 *км*^{2}, заключает в себе буквально неистощимые ресурсы воды, ежегодно расходуемые на поверхностный сток и питание подземных вод района.

В гидрогеологическом отношении подрайон северо-западных и западных отрогов Джунгарского Алатау характеризуется преимущественным распространением подземных вод трещинного типа. Причем, исходя из общности геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий, в пределах данного подрайона выделяются:

1. Участок распространения трещинных вод эффузивно-осадочного комплекса пород палеозоя.

2. Участок распространения трещинных вод комплекса преимущественно гранитоидных пород разновозрастных интрузий.

3. Участок распространения поровых вод рыхлых четвертичных отложений.

Водовмещающими породами трещинных вод эффузивно-осадочного комплекса пород палеозоя являются широко распространенные в пределах Джунгарского Алатау порфиры, порфириты, песчаники, конгломераты, аргиллиты и другие разновидности пород эффузивно-осадочного комплекса.

Наиболее обводненная — верхняя, сильно трещиноватая зона, распространяющаяся на глубину до 50 *м*. Глубина залегания подземных вод в зависимости от степени расчлененности рельефа колеблется от 0 до 50 *м*. Воды исключительно пресные, с плотным остатком, не превышающим 1 *г/л*.

$$M_{0,44}\,\frac{C_{0,28}^{40,5}\,S_{0,038}^{6,5}\,Cl_{0,011}^{3}}{Ca_{0,062}^{27}\,Mg_{0,016}^{11,5}\,Na_{0,03}^{11,5}}.$$

Расходы многочисленных родников изменяются преимущественно от 8,6 до 43 *м*^{3}*/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*), а иногда достигают 86 *м*^{3}*/сутки* (1 *л/сек*).

Зона распространения трещинных вод эффузивно-осадочного комплекса пород палеозоя обладает весьма значительными ресурсами. Однако вследствие сильно расчлененного рельефа в условиях средне- и низкогорья подземные воды часто дренированы и поэтому приводимые ниже данные подсчета запасов подземных вод являются весьма ориентировочными.

Общая площадь распространения водоносного комплекса составляет более 12 000 *км*^{2}, мощность водонасыщенной зоны — 30 *м* и коэффициент водоотдачи — 0,015. Если учесть только $^2/_3$ общей площади распространения водоносного комплекса (8000 *км*^{2}), то многолетние запасы подземных вод достигнут величины более 3,6 млрд. *м*^{3}, что составляет 300 тыс. *м*^{3} на 1 *км*^{2} площади водоносного комплекса.

Водовмещающими породами трещинных вод разновозрастных интрузий являются большей частью крупнозернистые граниты, реже — гранодиориты и диориты.

Мощность зоны распространения гидрогеологически эффективной трещиноватости составляет 50—90 и более метров, что обусловливает широкие пределы колебания глубины залегания подземных вод. Естественные запасы трещинных вод зоны выветривания рассредоточены на значительной площади выше базиса эрозии, и областью разгрузки их является местная гидрографическая сеть. Родники имеют обычно малые и довольно резко изменяющиеся дебиты — 43—86 *м³/сутки* (0,5—1 *л/сек*), реже они достигают 432 *м³/сутки* (5 *л/сек*).

Температура воды близка к средней годовой температуре воздуха.

Трещинные подземные воды аккумулируются, помимо зоны выветривания, также в зонах тектонических нарушений. Источники, питающиеся водами тектонических трещин, имеют более высокие дебиты — от 170 до 430 *м³/сутки* (2—5 *л/сек*), реже — 860 *м³/сутки* (10 *л/сек*) и уравновешенный режим. Качество воды повсеместно очень хорошее. Минерализация ее редко превышает 0,5 *г/л*. Состав воды гидрокарбонатно-кальциевый.

$$M_{0,218}\,\frac{C^{39,5}_{0,128}\,S^{7}_{0,018}\,Cl^{3,5}_{0,007}}{Ca^{30}_{0,06}\,Na^{15}_{0,03}\,Mg^{5}_{0,01}}\,.$$

Прогнозные многолетние запасы подземных вод при общей площади распространения зоны трещинных вод разновозрастных интрузий 2700 *км²*, коэффициенте водоотдачи 0,02 и мощности водонасыщенной зоны около 40 *м* оцениваются величиной порядка 2 млрд. *м³*, что составляет до 500 тыс. *м³* на 1 *км²* площади распространения водоносного комплекса.

Водовмещающие породы участка распространения поровых вод рыхлых отложений межгорных впадин характеризуются значительной пестротой литологического состава. Как правило, они представлены разнозернистыми, иногда гравелистыми песками, реже — супесями и суглинками.

Наиболее обводненными являются участки речных долин (рек Каратал, Коксу и целый ряд мелких горных речек), к аллювиальным отложениям которых обычно приурочены воды подрусловых потоков. Глубина залегания подземных вод в аллювиальных песчано-галечниковых отложениях редко превышает 3—4 *м*. По качеству воды исключительно пресные, гидрокарбонатно-кальциевого состава. Воды многочисленных ручьев и речек, стекающих с гор, иногда полностью поглощаются в пределах подгорных шлейфов и межгорных впадин (Кугалинская межгорная депрессия), выполненных пролювиальными и пролювиально-аллювиальными, песчано-галечниковыми и суглинисто-глинистыми отложениями, и образуют довольно обильный горизонт пресных грунтовых вод. Глубина залегания последних в разных участках межгорных понижений составляет 5—10 *м*. По качеству это исключительно пресные воды, с минерализацией, не превышающей 0,5 *г/л*.

$$M_{0,31}\,\frac{C^{40,5}_{0,195}\,S^{7}_{0,027}\,Cl^{2,5}_{0,007}}{Ca^{28,5}_{0,046}\,Na^{15}_{0,028}\,Mg^{6,5}_{0,009}}\,.$$

Воды родников и многочисленных колодцев широко используются населением. Подземные воды, приуроченные к делювиально-пролювиальным, песчано-глинистым отложениям, выделяются в пределах небольших разрозненных участков на западе подрайона. Глубина залегания подземных вод преимущественно 5 *м* и только на южных склонах хребта Малай-Сары она достигает 30 *м*. Воды в основном пресные, за исключением участков развития гипсоносных пород. Дебиты водопунктов составляют 8—43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*).

Наиболее рациональным способом извлечения подземных вод в пределах гидрогеологического подрайона является устройство простейших каптажных сооружений после предварительной расчистки естественных выходов. На участках выровненного платообразного рельефа, используемых для выпаса скота, целесообразно устройство трубчатых колодцев глубиной до 70—80 *м*, в зонах предгорных шлейфов и межгорных впадин — оборудование шахтных колодцев глубиной до 5—10 *м*. Восточные фланги Джунгарского Алатау, представляющие его горное обрамление, обращенное в сторону Алакульской впадины, в гидрогеологическом отношении изучены довольно слабо. Преобладающими типами вод здесь также являются трещинные. Данный участок имеет развитую гидрографическую сеть и относительно хорошо обеспечен за счет поверхностных водотоков.

Чу-Илийские горы, Кендыктас и плато Карой

Подрайон охватывает Чу-Илийские горы, протягивающиеся в северо-западном направлении между Копа-Илийской, Чуйской и Прибалхашской впадинами, и плато Карой, соединяющее Чу-Илийские горы с отрогами Джунгарского Алатау. На юге Чу-Илийские горы делятся Копинской впадиной на две ветви, южная именуется горами Кендыктас. Последние образуют платообразный массив с абсолютными отметками 2000—2300 *м*, расчлененный молодой эрозионной сетью и обрамленный с северо-востока крупным разрывным нарушением. Чу-Илийские горы представляют собой мелкогорье и возвышенный мелкосопочник с абсолютными отметками 600—900 *м*. Отдельные гряды (Сары-Бастау, Доланкара, Кульджабасы) достигают 1000—1055 *м*. Плато Карой, отделенное от Чу-Илийских гор и Джунгарского Алатау долинами рек Или и Курты, образует слабовсхолмленную равнину, на которой возвышаются невысокие сопки с абсолютными отметками 748—776 *м*.

Гидрографическая сеть развита слабо. С гор Кендыктас стекают небольшие реки: в сторону р. Чу — Каракунуз, Суалма, Унгурлю и другие, в сторону Копинской впадины—Ргайты (вост.), Актерек, Жаманты и другие. Большинство их теряется в рыхлых отложениях невдалеке от гор. В Чу-Илийских горах и на плато Карой речек нет, а ручьи, питающиеся из источников, быстро исчезают в рыхлых отложениях. Река Курты, образующаяся при слиянии рек Копа и Жирен-Айгыр, пересекает подрайон на участке между Чу-Илийскими горами и плато Карой в северном направлении и впадает в р. Или.

Климат резко континентальный, с сухим жарким летом и холодной зимой. Температура воздуха достигает +40° летом и —40° зимой. Наибольшее количество осадков выпадает в горах Кендыктас — 420—500 *мм* в год. Чу-Илийским горам и плато Карой свойствен климат полупустынь и сухих степей. Годовое количество осадков здесь снижается до 120—200 *мм*. Амплитуда колебания температур воздуха достигает 82—87°.

Описываемый подрайон сложен преимущественно породами палеозоя. Мезозойские образования представлены верхнемеловым покровом, сохранившимся на небольшом участке на плато Карой. Кайнозойские образования, представленные отложениями горных долин, склонов и предгорий, занимают в описываемом подрайоне подчиненное значение. Для палеозойского фундамента характерно широкое развитие тектонических разрывов, многие из которых обновлены в альпийскую фазу тектогенеза.

Так как район охватывает горные массивы с консолидированными палеозойскими породами, в нем развиты преимущественно трещинные воды.

В Кендыктасских горах, особенно в их восточной части, прилегающей к Заилийскому Алатау, существуют наиболее благоприятные условия для формирования подземных вод. Значительное количество атмосферных осадков и сильная расчлененность рельефа способствуют энергичному водообмену и формированию обильных трещинных пресных вод гидрокарбонатно-кальциевого состава. Преобладают воды с сухим остатком менее 1 *г/л*. Химические анализы воды источников, приуроченных к скальным палеозойским породам, можно выразить видоизмененной формулой Курлова:

$$M_{(0,194-0,584)} \frac{C^{45}_{0,128}\, Cl^{3}_{0,003}\, S^{2}_{0,004} - C^{38,5}_{0,344}\, S^{10}_{0,079}\, Cl^{1,5}_{0,007}}{Ca^{36}_{0,024}\, Mg^{8,5}_{0,005}\, Na^{5,5}_{0,006} - Ca^{29,5}_{0,086}\, Mg^{10,5}_{0,019}\, Na^{10}_{0,033}}.$$

Наибольшей водообильностью отличается разновозрастной комплекс интрузивных пород (преимущественно гранитоидов). С ним связано большое количество источников с дебитами 43,2—86,4 *м³/сутки* (0,5—1 *л/сек*). Воды повсеместно пресные, с плотным остатком до 1 *г/л*. Глубина залегания трещинных вод меняется в зависимости от рельефа местности. Наиболее обводненной является трещиноватая зона, распространяющаяся на глубину до 40—50 *м*.

В Кендыктасских горах широко развит также эффузивно-осадочный комплекс ордовика, силура, девона и карбона (песчаников, порфиров, порфиритов, туфов, сланцев). Более высокая водообильность этих пород отмечается на участках среднегорья и высокогорья, расположенных в восточной части района. Здесь по долинам рек и логов выклиниваются многочисленные источники с дебитами 8,64—43,2 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*), реже — до 302 *м³/сутки* (3,5 *л/сек*); ручьи, образованные слившимися источниками, имеют расход 950—1129 *м³/сутки* (11—14 *л/сек*).

Наиболее слабой водообильностью характеризуется комплекс сильно метаморфизованных слаботрещиноватых пород допалеозоя и нижнего палеозоя, представленный гнейсами, сланцами и амфиболитами. Общее уменьшение водообильности всех описанных выше комплексов пород, содержащих трещинные воды, наблюдается в западном направлении по мере удаления от Заилийского Алатау и приближения к Чу-Илийскому мелкогорью. В этом же направлении уменьшаются абсолютные отметки плато, затухает эрозионная сеть, значительно снижается количество атмосферных осадков.

Отмечается повышенная водообильность зон тектонических разломов. В восточной части гор Кендыктас имеются долины «тысячи родников», где многочисленные источники приурочены к участкам пересечения долин с тектоническими зонами. Дебиты таких источников отличаются значительными расходами (более 432 *м³/сутки*) и большим постоянством во времени.

Трещинные воды всех указанных комплексов пород и особенно зон тектонических разломов могут быть надежными источниками водоснабжения. Ресурсы трещинных вод значительны. На площади развития гранитоидов (2600 *км²*) при мощности водообильной зоны 40 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,02 и с учетом неравномерного развития трещиноватости (в расчет принимается 50% площади распространения) общие прогнозные многолетние ресурсы трещинных вод составляют 1,04 млрд. *м³*, или 400 тыс. *м³* на 1 *км²* площади. На площади распрост-

ранения эффузивно-осадочного комплекса пород и метаморфизованных слаботрещиноватых пород палеозоя и допалеозоя ресурсы подземных вод на единицу площади значительно меньше: при площади распространения 4800 *км*², мощности водообильной зоны 30 *м*, коэффициенте водоотдачи 0,01 и учете неравномерного развития трещиноватости общие прогнозные многолетние ресурсы подземных вод составляют 0,72 млрд. *м*³, или 150 тыс. *м*³ на 1 *км*² площади. Общие прогнозные многолетние ресурсы подземных вод для гор Кендыктас определяются в 1,76 млрд. *м*³, или в среднем 235 тыс. *м*³ на 1 *км*² площади.

Эксплуатация трещинных вод возможна путем каптажа источников и при необходимости путем бурения неглубоких скважин (40—50 *м*), вскрывающих наиболее трещиноватую зону.

Помимо трещинных вод палеозойских пород, в горах Кендыктас источниками водоснабжения могут служить грунтовые воды аллювиальных и аллювиально-делювиальных отложений речных долин и логов. Грунтовые подрусловые потоки имеются почти во всех горных долинах. Глубина их залегания не превышает 5—10 *м*, расходы достигают 2590—3450 *м*³/*сутки* (30—40 *л*/*сек*). Воды аллювиальных отложений пресные, с преобладающей минерализацией до 1 *г*/*л*.

Для использования их можно строить шахтные колодцы глубиной 8—10 *м*. Возможные дебиты водопунктов — 86,4—432 *м*³/*сутки* (1—5 *л*/*сек*). В целом горы Кендыктас хорошо обеспечены поверхностными и подземными водами.

В Чу-Илийских горах на участке от Копинской впадины до оз. Балхаш климатические условия менее благоприятны для формирования подземных вод из-за малого количества атмосферных осадков. Постоянно действующие поверхностные водотоки совершенно отсутствуют. Пополнение запасов подземных вод в основном происходит весной во время снеготаяния.

На рассматриваемом участке развиты главным образом трещинные воды, циркулирующие в допалеозойских и палеозойских породах. В долинах крупных логов и делювиально-пролювиальных отложениях, выполняющих впадины, имеются грунтовые воды, получающие питание за счет атмосферных осадков и трещинных вод.

Минерализация вод довольно пестрая. Пресные и слабосолоноватые трещинные воды развиты на участках с сильно расчлененным рельефом, где существует хороший водообмен. На выровненных участках и в межсопочных понижениях минерализация подземных вод повышена нередко до степени рассолов. Зоны тектонических разломов обычно содержат пресные и слабосолоноватые воды с преобладающей минерализацией до 1, реже до 3 *г*/*л*.

Подавляющее количество источников фиксируется на участках с сильно расчлененным рельефом. Выходы источников обычно приурочены к подножиям сопок. На выровненных участках выходы их редки. Источники характеризуются небольшими дебитами, и большинство из них к осени пересыхает. Наиболее обильны источники, приуроченные к зонам тектонических разломов, характеризующиеся постоянством расходов по сезонам года и в многолетнем разрезе. В Чу-Илийских горах выделяются две крупные региональные тектонические зоны, отличающиеся повышенной водоносностью пород: Джалаир-Найманская и Сарытумская. Здесь зафиксированы источники с дебитами до 1382 *м*³/*сутки* (16 *л*/*сек*).

Выделяется пять комплексов водоносных пород, характеризующихся своеобразными условиями циркуляции подземных вод, различными дебитами водопунктов и степенью минерализации подземных вод. Широко развит комплекс гнейсов, глинистых сланцев и других метаморфи-

зованных слаботрещиноватых пород допалеозоя и нижнего палеозоя. Он характеризуется слабой водоносностью. Трещинные воды вскрываются выработками на глубинах от 0,5 до 50 *м*. Дебиты их не превышают 8,64 *м*³/*сутки* (0,1 *л/сек*). Дебиты источников колеблются от 0,86 до 51,8 *м*³/*сутки* (0,01—0,6 *л/сек*). По зонам разломов дебиты скважин и родников достигают 146,9—241,9 *м*³/*сутки* (1,7—2,8 *л/сек*). На участке мелкогорья у границ с Копинской впадиной воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией от 1 до 3 *г/л*. Ниже приведен характерный химический состав воды:

$$M_{(2,110-2,679)} \frac{S^{24}_{0,374}\, C^{16}_{0,305}\, Cl^{10}_{1,106} - S^{33}_{1,171}\, C^{12,5}_{0,569}\, Cl^{4,5}_{0,094}}{Na^{21,5}_{0,158}\, Ca^{16}_{0,101}\, Mg^{12,5}_{0,047} - Na^{38,5}_{0,649}\, Ca^{6,5}_{0,086}\, Mg^{5}_{0,086}}.$$

В северной части гор, где преобладает мелкосопочник, чаще всего минерализация составляет 3—5 *г/л*. На участках выровненного мелкосопочника в Прибалхашье минерализация нередко достигает 4—40 *г/л*. Воды преимущественно сульфатно-натриевые, имеют следующий химический состав:

$$M_{(3,368-4,186)} \frac{S^{36,5}_{1,674}\, C^{9}_{0,533}\, Cl^{4,5}_{0,141} - S^{38}_{2,168}\, C^{8}_{0,564}\, Cl^{4}_{0,18}}{Na^{36,5}_{0,806}\, Ca^{7,5}_{0,143}\, Mg^{6}_{0,072} - Na^{26}_{0,722}\, Ca^{13,5}_{0,329}\, Mg^{10,5}_{0,16}}.$$

Эффузивно-осадочный комплекс ордовика, силура, девона и карбона (песчаников, порфиров, порфиритов, туфов и сланцев) характеризуется большей трещиноватостью и относительно большей водообильностью. Преобладают дебиты водопунктов от 8,6—17,3 до 34,5 *м*³/*сутки* (0,1—0,2 до 0,4 *л/сек*). Мощность обводненной трещиноватой зоны 30—40 *м*. Глубина залегания трещинных вод различна (до 30 *м*). В логах и саях вода вскрывается на глубинах от 0,3 до 5 *м*. Хорошо дренированные логами участки безводны. Минерализация вод аналогична описанной выше — наименьшая на участках мелкогорья, где преобладают воды пресные или слабосолоноватые, с сухим остатком до 3 *г/л*. Наиболее минерализованные воды (3—5 *г/л*) развиты на участках мелкосопочника. Воды сульфатно- или хлоридно-натриевые. На отдельных участках со слаборасчлененным рельефом минерализация воды достигает 20—30 *г/л*.

Разновозрастный комплекс интрузивных пород (преимущественно гранитов) отличается наибольшей водообильностью. С поверхности они сильно трещиноваты, местами, особенно на пониженных участках, трещины заполнены дресвой. Мощность обводненной зоны гранитоидов не превышает 25—30 *м*, глубина залегания подземных вод на возвышенных участках доходит до 30 *м*, на равнинных — до 15 *м*, по логам — 5—10 *м*. Дебиты водопунктов — 8,6—43,2 *м*³/*сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Наименее минерализованные воды (до 3 *г/л*) встречаются в крупных гранитных массивах с сильно расчлененным рельефом.

Химический состав воды источников, расположенных по левобережью Ащису, таков:

$$M_{(0,397-1,110)} \frac{C^{39,5}_{0,251}\, S^{6}_{0,029}\, Cl^{4,5}_{0,014} - S^{24}_{0,367}\, C^{16}_{0,315}\, Cl^{10}_{0,126}}{Ca^{30,5}_{0,062}\, Mg^{12,5}_{0,02}\, Na^{7}_{0,017} - Na^{21,5}_{0,168}\, Ca^{16}_{0,101}\, Mg^{12,5}_{0,05}}.$$

Воды мелких массивов, слагающих выровненные участки, сульфатно-натриевые, редко гидрокарбонатно-кальциевые, имеют повышенную минерализацию — 5 и нередко до 10 *г/л*. Воды гранитоидов пригодны для водоснабжения объектов сельского хозяйства.

Для комплекса песчано-глинистых пород третичного возраста, слагающего предгорья, характерно спорадическое распространение водоносных горизонтов. Водораздельные участки, дренированные логами, обычно безводны. Ниже местных базисов эрозии выработками вскрыты подземные воды, приуроченные к слоям песков и галечников, имеющих обычно небольшую (3—5 *м*) мощность. Дебиты водопунктов весьма различны — от 0,6 до 8, редко до 86—172 *м³/сутки* (от 0,007 до 0,1, редко 1—2 *л/сек*). Преобладают воды с минерализацией 1—3 *г/л*, сульфатно-натриевые и сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые. Они имеют следующий химический состав:

$$M_{(1,272-2,49)}\ \frac{S^{22,5}_{0,277}\ C^{12,5}_{0,192}\ Cl^{15}_{0,141} - S^{40}_{1,311}\ C^{6}_{0,238}\ Cl^{4}_{0,076}}{Na^{20}_{0,122}\ Ca^{15}_{0,078}\ Mg^{15}_{0,048} - Na^{42}_{0,668}\ Ca^{4}_{0,061}\ Mg^{4}_{0,035}}.$$

В сухих логах Чу-Илийских гор и в межсопочных котловинах, выполненных песками, супесями, суглинками, насыщенными щебенкой и галькой (комплекс пород четвертичного возраста), имеются грунтовые воды. Дебит источников — 8,6—17,3 *м³/сутки* (0,1—0,2 *л/сек*), удельные дебиты скважин — до 8,6 *м³/сутки* (0,1 *л/сек*). Воды преимущественно слабосолоноватые, с сухим остатком 1—3 и 5 *г/л*.

Эксплуатация подземных вод участка возможна путем каптажа источников и бурения мелких скважин (30—40 *м*). Наиболее перспективными участками для заложения скважин являются зоны тектонических разломов. Возможно использование грунтовых вод рыхлых отложений, выполняющих сухие лога и котловины, путем сооружения шахтных колодцев глубиной 8—10 *м*. Прогнозные многолетние запасы ввиду слабой изученности водоносных горизонтов и большого разнообразия в химическом составе подземных вод нами не приводятся.

Плато Карой, представляющее пенепленизированную, приподнятую над прилегающими впадинами равнину, малоблагоприятно для формирования значительных ресурсов подземных вод. Фундамент плато сложен верхнепалеозойскими эффузивами и их туфами, перекрытыми сверху красными гипсоносными третичными глинами, песками, конгломератами и песчаниками, имеющими мощность в центральной части плато 20—30 *м*, а по окраинам — до 60 *м*. С поверхности плато прикрыто эолово-делювиальными суглинками и супесями с прослоями песков и щебенки эффузивов. Осадков на Карое выпадает 180—200 *мм* в год. Жаркое сухое лето и постоянно дующие из пустыни Прибалхашья ветры способствуют полному испарению осадков, выпадающих летом, поэтому запасы подземных вод пополняются только в короткий период весеннего снеготаяния. Постоянные выдержанные водоносные горизонты на плато Карой совершенно отсутствуют. Грунтовые воды, приуроченные к эффузивным трещиноватым породам, к рыхлым отложениям логов и депрессий, спорадически распространены, плохо обеспечены питанием и не могут служить источником крупного водоснабжения.

Осадочно-эффузивный комплекс верхнего палеозоя (порфиры, их туфы и песчаники) отличается очень слабой водоносностью. Трещинные воды зафиксированы в северной части плато по бортам долины р. Или. Дебиты источников — до 8,6 *м³/сутки* (0,1 *л/сек*) и минерализация — 3—5 *г/л*. Наибольшая водообильность отмечается по зонам тектонических разломов в логу Чушкалы и у оз. Сорбулак. Расходы источников здесь достигают 215—259,2 *м³/сутки* (2,5—3 *л/сек*). Расход скважины при самоизливе в логу Чушкалы 259,2—345,6 *м³/сутки* (3—4 *л/сек*). Минерализация 3—5 *г/л*.

Химический состав воды источника у восточного берега оз. Сорбулак следующий:

$$M_{4,437}\frac{S^{30,5}_{1,976}\,Cl^{18}_{0,877}\,C^{1,5}_{0,122}}{Na^{40}_{1,154}\,Ca^{8}_{0,208}\,Mg^{2}_{0,088}}.$$

В центральной части плато, наиболее хорошо дренированной логами, этот комплекс отложений безводен.

Водоносные горизонты в меловых и третичных отложениях распространены спорадически. Они местами вскрыты выработками по долинам логов. Дебиты водопунктов — менее 8,6 *м³/сутки* (0,1 *л/сек*). Минерализация вод колеблется в широких пределах. В меловых отложениях в центральной части плато Карой были вскрыты пресные воды с сухим остатком менее 1 *г/л*, по правобережью р. Курты вода соленая, с сухим остатком 4,3—4,5 *г/л*. По типу минерализации они сульфатно-хлоридно-натриевые:

$$M_{4,33}\frac{S^{32}_{1,944}\,Cl^{16}_{0,715}\,C^{2}_{0,162}}{Na^{33,5}_{1,003}\,Ca^{10}_{0,266}\,Mg^{6,5}_{0,102}}.$$

В третичных отложениях по правобережью р. Курты вскрыты воды пресные и соленые, с сухим остатком от 0,74 до 6,4 *г/л*. Преобладают воды с минерализацией 3—5 *г/л*. Характерные химические анализы вод из скважин, расположенных на правобережье р. Курты, могут быть выражены формулой:

$$M_{(2,29-6,44)}\frac{S^{40}_{1,31}\,C^{6}_{0,237}\,Cl^{4}_{0,076}-S^{33}_{3,15}\,Cl^{16}_{1,14}\,C^{1}_{0,097}}{Na^{41,5}_{0,668}\,Ca^{4,5}_{0,061}\,Mg^{4}_{0,035}-Na^{29}_{1,32}\,Ca^{14}_{0,56}\,Mg^{7}_{0,17}}.$$

Водораздельные участки между логами безводны.

Из четвертичных отложений водоносными являются элювиально-делювиальные песчано-суглинистые отложения, выполняющие Сорбулакскую депрессию. Грунтовые воды здесь залегают на глубине от 2—5 до 30 *м*. Расходы водопунктов до 8,6 *м³/сутки* (0,1 *л/сек*). Минерализация воды пестрая. Преобладают воды с сухим остатком от 1,9 до 3 *г/л*, вблизи озера — 25—68 *г/л*. По типу минерализации превалируют сульфатно-натриевые воды:

$$M_{(2,295-4,737)}\frac{S^{33}_{1,036}\,Cl^{10}_{0,218}\,C^{7}_{0,234}-S^{28}_{1,94}\,Cl^{18}_{0,95}\,C^{4}_{0,231}}{Na^{33,5}_{0,508}\,Ca^{11,5}_{0,151}\,Mg^{5}_{0,04}-Na^{32,5}_{1,176}\,Mg^{9,5}_{0,183}\,Ca^{8}_{0,256}}.$$

Подземные воды на плато Карой не являются перспективным источником водоснабжения. Использование их для мелкого водоснабжения возможно на участках, тяготеющих к зонам тектонических разломов, в Сорбулакской депрессии и местами в сухих логах путем заложения скважин глубиной 30—50 *м*. Определить прогнозные многолетние ресурсы ввиду большой невыдержанности водоносных горизонтов не представляется возможным.

Хребет Каратау и его отроги

Хребет Каратау вытянут с юго-востока на северо-запад более чем на 300 *км* и представляет одну из крайних ветвей Северного Тянь-Шаня.

Территория хребта отличается сильно расчлененным рельефом и резко выраженным континентальным климатом. Средняя многолетняя

сумма атмосферных осадков варьирует от 180 до 440 *мм*, но чаще — 300—350 *мм*. При этом наибольшее количество их (до 70—80%) выпадает зимой и весной. Поверхностных вод в районе сравнительно мало. Имеющиеся небольшие ручьи и реки в большей своей части представляют временные водотоки периодического действия, образующиеся в результате выклинивания отдельных источников. Сток в них весьма изменчив и зависит от характера питания.

В геологическом строении территории участвуют различные кристаллические породы допалеозоя и палеозоя, а также рыхлообломочные породы мезозой-кайнозоя. Кристаллические породы повсеместно дислоцированы, метаморфизованы и почти всюду носят следы активного воздействия тектонических факторов. Рыхлые породы, состоящие преимущественно из супесчано-глинистых отложений, приурочены только к отдельным логам, саям и небольшим межгорным понижениям.

В гидрогеологическом отношении хребет Каратау представляет обособленную территорию, содержащую как трещинные, так и трещинно-карстовые воды. Циркулируют воды по различного рода трещинам и карстовым пустотам, развитым в карбонатных породах. При этом карстовые пустоты, распространенные преимущественно в известняках, повсеместно являются активными коллекторами подземных вод. Наличие благоприятных гидрогеологических условий обусловило в Каратау образование крупного бассейна трещинно-карстовых вод, вырисовывающегося в виде сложного синклинория и простирающегося параллельно южному склону хребта. Воды бассейна местами под напором выходят на поверхность в виде отдельных крупных источников с дебитами до сотен и более литров в секунду (Жеваго, 1957; Ахмедсафин, 1961).

Формируются подземные воды хребта Каратау как за счет инфильтрации преимущественно зимне-весенних атмосферных осадков, так и фильтрации поверхностных речных вод. Последний вид питания превалирует в периоды весенних половодий, особенно на участках развития закарстованных известняков.

Разнообразные комплексы жестких палеозойских пород, развитых в Каратау, повсеместно обводнены. Среди них наибольшей водообильностью обладают среднепалеозойские карбонатные породы (известняки, доломиты), менее обводнены осадочные и метаморфические толщи допалеозоя и нижнего палеозоя, представленные аргиллитами, песчаниками, сланцами и другими плотными породами.

Гидрогеологическими исследованиями, проводившимися в пределах Каратау (А. А. Флеров, К. П. Петушков, В. С. Жеваго, А. А. Коноплянцев и другие в 1942—1960 гг.), установлено распространение подземных вод различных типов и качеств, развитых в породах нижнего и среднего палеозоя.

Отложения нижнего палеозоя. Среди пород нижнего палеозоя наиболее развиты метаморфические сланцы кембрия, а также песчаники, сланцы и известняки нижнего силура, слагающие возвышенные участки рельефа. Последние в значительной степени раздроблены и рассекаются серией крупных тектонических нарушений, способствующих активной инфильтрации атмосферных осадков. В выветрелой зоне указанных пород формируются в основном трещинные воды.

Выходы трещинных вод приурочены главным образом к глубоким эрозионным врезам гористой части рельефа, где берут начало многие реки Северного Каратау. Дебиты отдельных источников достигают 170—260 *м*³/*сутки* (2—3 *л/сек*), а иногда и 350—430 *м*³/*сутки* (4—5 *л/сек*).

В крайней юго-западной и северо-восточной частях хребта Каратау нижний палеозой представлен конгломератами, кремнистыми и глинистыми известняками, реже песчаниками и сланцами. Среди них наиболь-

шей трещиноватостью, а следовательно, и водообильностью обладают известняки и песчаники, залегающие на возвышенных водораздельных участках. Атмосферные осадки, инфильтруясь в указанные породы, образуют горизонт подземных вод, циркулирующих по трещинам и порам пород. Дебиты выклинивающихся источников здесь колеблются от 8,6 до 43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*), достигая иногда 600—1300 *м³/сутки* (7—15 *л/сек*). Однако в большинстве случаев дебиты родников не превышают 8,6—43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*).

Подземные воды обычно аккумулируются в глубоких зонах крупных тектонических нарушений и по ним стекают в сторону предгорной равнины, подпитывая, таким образом, артезианские воды меловых отложений. Глубина залегания зависит от гипсометрического положения соответствующих эрозионных врезов и колеблется от 0,5—1 до 100 *м*, чаще она составляет 0—50 *м*. Минерализация вод небольшая, они имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав.

Химический анализ воды из родника Алмач-Тугай в долине р. Биресек, приуроченный к песчаникам, следующий:

$$M_{0,12}\,\frac{C^{46,1}_{0,05}\,S^{2,5}_{0,003}\,Cl^{1,4}_{0,0019}}{Ca^{33,3}_{0,033}\,Na^{12,4}_{0,013}\,Mg^{4,3}_{0,004}}.$$

Содержание сухого остатка обычно не превышает 0,3 *г/л*.

Использование подземных вод возможно путем каптажа источников, проходки колодцев и скважин глубиной до 80—100 *м*. Многолетние запасы воды указанного комплекса при площади распространения 3600 *км²* (из расчета $^2/_3$ всей площади) и коэффициенте водоотдачи 0,01, мощности 15 *м* составляют около 540 млн. *м³*, или 100 тыс. *м³* на 1 *км²*.

Отложения среднего палеозоя. Комплекс среднего палеозоя содержит два водоносных горизонта.

1. Горизонт трещинных вод тюлькубасской свиты, приуроченный в основном к песчаникам с подчиненными прослоями конгломератов, сланцев и известняков. Он расположен в пределах центральной и юго-западной частей Каратау. Участки развития этих пород, почти нацело обнажающиеся на поверхность и рассеченные множеством трещин, благоприятствуют инфильтрации атмосферных осадков.

Трещинные воды горизонта выходят на поверхность в виде многочисленных источников, нередко дающих начало отдельным водотокам (реки Икансу, Кантаги, Баялдыр, Биресек и др.). Дебиты источников колеблются от 43 до 86 *м³/сутки* (0,5—1 *л/сек*), достигая в отдельных случаях 430—860 *м³/сутки* (5—10 *л/сек*). Качество воды хорошее, минерализация 0,15—0,2 *г/л*, состав в основном гидрокарбонатно-кальциевый.

Химический состав воды родника, приуроченного к долине р. Кзылата, следующий:

$$M_{0,16}\,\frac{C^{33,7}_{0,054}\,S^{13,2}_{0,02}\,Cl^{3,1}_{0,005}}{Ca^{28,7}_{0,05}\,Mg^{15,2}_{0,02}\,Na^{6,1}_{0,008}}.$$

Эксплуатацию подземных вод рассматриваемого горизонта следует проводить путем каптажа источников, проходки колодцев и скважин глубиной до 60—80 *м*. Многолетние запасы воды горизонта оцениваются в 1,6 млрд. *м³* (при $^2/_3$ площади распространения обводненных пород, равной 5400 *км²*, мощности 20 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,015), удельные многолетние запасы на 1 *км²* составляют 200 тыс. *м³*.

2. Горизонт трещинно-карстовых вод, приуроченный к карбонатным породам девоно-карбона (известняки, реже доломиты и песчаники), распространен преимущественно в центральной и юго-восточной частях

хребта Каратау, на площади около 4000 *км*². Этот горизонт наиболее водообильный. Значительные ресурсы подземных вод его обусловливаются, во-первых, тем, что карбонатные породы повсюду являются трещиноватыми: трещины проникают на глубину до нескольких сотен метров и, во-вторых, они сильно закарстованы как по площади, так и в вертикальном разрезе, что способствует активному поглощению атмосферных вод. Максимальные дебиты источников, приуроченных к толще известняков, иногда достигают 86 400 *м*³/*сутки* (1000 *л*/*сек*). Расход скважин изменяется от 1470—2580 до 10 368 *м*³/*сутки* (от 17—30 до 120 *л*/*сек*), чаще составляет 860—2580 *м*³/*сутки* (10—30 *л*/*сек*).

В предгорной части юго-западного склона Каратау карбонатные породы уходят под меловые отложения, где к ним также приурочен напорный водоносный горизонт трещинно-карстовых вод, вскрывающихся на глубинах от 50 до 100 *м*. Качество трещинно-карстовых вод хорошее, а минерализация не более 0,3—0,8 *г*/*л*.

Формула характерных химических анализов вод известняков хр. Каратау (по скважине № 45, родникам Котурбулак и Кошкурган) выглядит так:

$$M_{(0,2-0,28-0,39)}\frac{C_{0,07}^{35,7}\,S_{0,017}^{8,4}\,Cl_{0,01}^{5,9}-C_{0,18}^{37,1}\,S_{0,05}^{12,8}\,Cl_{0,0009}^{0,1}-}{Ca_{0,054}^{27,2}\,Mg_{0,023}^{11,4}\,Na_{0,023}^{11,4}-Ca_{0,05}^{28,7}\,Mg_{0,002}^{15,2}\,Na_{0,001}^{6,1}-}$$

$$\frac{-C_{0,27}^{39,4}\,S_{0,05}^{10}\,Cl_{0,007}^{0,6}}{-Ca_{0,06}^{34,8}\,Mg_{0,001}^{12}\,Na_{0,009}^{3,2}}.$$

Состав вод в основном гидрокарбонатно-кальциевый. Ресурсы трещинно-карстовых вод огромны. Многолетние запасы для карбонатной толщи среднего палеозоя, имеющей почти повсеместное развитие в пределах центральной и юго-восточной частей Каратау, согласно прогнозным подсчетам, составляют около 30 млрд. *м*³. Эксплуатация только 50% запасов этих вод на всей площади территории в течение 100 лет дает возможность получать до 5 *м*³/*сек* воды, а если же допустить сработку подземных вод до 80%, то можно получить 8 *м*³/*сек*. При нормальном использовании в дневные часы и вегетационные периоды эксплуатационные расходы соответственно возрастут до 10(16) *м*³/*сек*, расходные модули — до 2,5(5) *л*/*сек* с 1 *км*².

Возобновляемые запасы подземных вод карбонатных пород Каратау с учетом, что на инфильтрацию уходит до 40% общегодового количества атмосферных осадков, согласно данным В. С. Жеваго (1957), составляют около 150 млн. *м*³ в год, или 5,1 *м*³/*сек*, а расходный модуль —1,3 *л*/*сек* с 1 *км*². Следовательно, общие прогнозные эксплуатационные запасы изменяются от 10(20) до 13(26) *м*³/*сек*, а расходные модули — от 3,8 до 7,6 *л*/*сек* с 1 *км*².

Трещинно-карстовые воды карбонатной толщи Каратау, как наиболее перспективные для водоснабжения, были частично разведаны, и запасы их утверждены по промышленным категориям А+В в количестве 400 тыс. *м*³/*сутки*.

Для использования трещинно-карстовых вод целесообразно проходить скважины глубиной 150—200 *м*, а в местах их выходов на поверхность или неглубокого залегания устраивать каптаж источников и закладывать колодцы. Обильные ресурсы подземных вод Каратау являются мощными источниками питания артезианских бассейнов, расположенных в Арысь-Кзылкумской депрессии. Согласно расчетам В. С. Жеваго (1957), с каждого километра южного склона хребта в артезианские бассейны стекает до 150 *л*/*сек* подземных вод.

* * *

Подземные воды средне- и низкогорного района юга Казахстана характеризуются повсеместным распространением, хорошим качеством и высокими дебитами.

Общие прогнозные многолетние запасы подземных вод по всем трем подрайонам составляют 39,5 млрд. $м^3$. Из них на долю только трещинно-карстовых вод известняков Каратау приходится около 30 млрд. $м^3$. При этом общие прогнозные эксплуатационные запасы Каратау при 50-процентном их использовании в течение 50 лет составляют примерно 10,1 $м^3/сек$, при 80-процентном — 13,1 $м^3/сек$.

Для первых двух подрайонов возобновляемые запасы подземных вод ввиду их незначительности и изменчивости в разрезе года не подсчитывались.

XV. ПЛАТО БЕТПАК-ДАЛА

У. М. АХМЕДСАФИН, В. И. ДМИТРОВСКИЙ, С. М. ШАПИРО

Район Бетпак-Далы представляет обширную волнистую равнину, простирающуюся от Чу-Таласской депрессии на юге, от которой она местами отделяется ясно выраженными уступами, до Центрально-Казахстанского мелкосопчника на севере и северо-востоке. На западе его граница условно проведена по правобережью р. Сарысу, по линии, совпадающей с Улутавским подземным валом. Общий уклон поверхности плато юго-западный. Климат района пустынный. Малое количество атмосферных осадков, не превышающих 100—150 *мм* в год, большая испаряемость в целом не благоприятствуют образованию в районе поверхностных водотоков и водоемов.

На всем огромном пространстве, за исключением р. Сарысу, проходящей по крайней западной кромке района (среднемноголетний расход 7,2 $м^3/сек$), нет ни единой реки с постоянным течением. Редкие временные водотоки с ничтожными расходами воды появляются иногда по суходолам только весною, в период обильного снеготаяния и сильных ливневых дождей. Немногочисленные озера, встречающиеся в районе, чаще всего имеют соленую воду. Широко развиты на плато такырные участки, на которых во время весеннего снеготаяния скапливаются значительные массы воды, отличающейся большой мутностью.

Д. Н. Яковлевым (1941), первым исследователем, обстоятельно изучавшим геологическое строение Бетпак-Далы и отчасти подземные воды, в процессе маршрутных работ было описано большое число колодцев, родников, приуроченность их к определенным возрастно-литологическим комплексам пород. Исследования Д. Н. Яковлева, а также некоторые последующие работы позволяют в общих чертах осветить гидрогеологию описываемого района.

В пределах плато Бетпак-Дала по 70 меридиану довольно четко выделяются восточная каменистая часть пустыни, являющаяся продолжением Центрально-Казахстанской мелкосопочной равнины на северо-востоке и отрогов Чу-Илийских гор на юго-востоке, и западная глинистая, являющаяся продолжением Тургайских столово-останцовых равнин.

Восточная каменистая часть Бетпак-Далы сложена комплексом ме-

таморфических и эффузивно-осадочных пород допалеозоя и палеозоя, прорываемых разновозрастными гранитоидами. Рыхлые песчаники мела и песчано-глинистые четвертичные отложения имеют ограниченное распространение и весьма небольшую мощность (до 1,0 *м*). Осадочные породы палеозоя образуют ряд обособленных замкнутых структур, отрицательно влияющих на формирование в пределах данной части Бетпак-Далы доброкачественных подземных вод.

Подземные воды здесь связаны с верхней трещиноватой зоной эффузивов, гранитоидов, песчаников, сланцев и различных метаморфических пород. Мощность обводненной зоны не превышает 30—40 *м*. Нередко отдельные трещины бывают заполненными глинистыми продуктами выветривания, что существенно снижает их водоносность. Подземные воды чаще залегают на глубине 5—10 *м*. В гранитных массивах они обычно находятся на глубине до 15 *м*, а на возвышенных участках — на глубине до 30 *м*. Породы слабоводоносны и характеризуются дебитами скважин, равными 8,6 *м*^{3}/*сутки* (0,1 *л/сек*), а дебит трещинных вод гранитоидов составляет 43 *м*^{3}/*сутки* (0,5 *л/сек*). Некоторое увеличение дебитов наблюдается в горах Бетпактау, являющихся северо-западным окончанием Чу-Илийских гор, где расходы источников достигают 86—130 *м*^{3}/*сутки* (1—1,5 *л/сек*).

По качеству большинство вод относится к солоноватым, с минерализацией 3—5 *г/л*, хлоридного или хлоридно-сульфатного состава.

Характерные химические анализы трещинных вод эффузивно-осадочной толщи по скважине, расположенной в юго-восточной части, и колодцу у восточной границы района следующие:

$$M_{(4,3-5,8)} \frac{Cl^{33}_{1,6}\, S^{15}_{1,02}\, C^{2}_{0,18} - Cl^{38}_{2,7}\, C^{10}_{1,2}\, S^{2}_{0,012}}{Na^{37}_{1,2}\, Ca^{7}_{0,2}\, Mg^{6}_{0,09} - Na^{42}_{2,0}\, Ca^{6}_{0,26}\, Mg^{2}_{0,06}}.$$

Местами на общем фоне солоноватых вод выделяются пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией 1—3 *г/л*, гидрокарбонатно-сульфатного типа, приуроченные к тектоническим трещинам крупных массивов гранитов. Слабосоленые воды с минерализацией 5—10 *г/л*, хлоридного состава отмечены в трещинах метаморфических пород, слагающих крыло замкнутой структуры вблизи глинистой части Бетпак-Далы.

Ниже приведена формула химических анализов трещинных вод из метаморфических отложений по роднику в западной части зоны:

$$M_{7,9} \frac{Cl^{45}_{4,4}\, C^{4}_{0,6}\, S^{1}_{0,12}}{Na^{43}_{2,7}\, Ca^{5}_{0,3}\, Mg^{2}_{0,07}}.$$

Повышенная минерализация и невысокая производительность трещинных вод несколько ограничивают возможности их использования для целей водоснабжения. Но тем не менее из-за отсутствия других источников они могут быть использованы для обводнения пастбищ с помощью скважин глубиной 5—20 *м*.

Наряду с трещинными водами в пределах каменистой пустыни довольно широко распространены трещинно-карстовые воды карбонатных пород (известняки, доломиты, известковистые песчаники и конгломераты), слагающие небольшие замкнутые мульды. Характер залегания карбонатных пород предопределяет и их гидрогеологические особенности. Глубина залегания вод находится обычно в пределах 5—10 *м* на периферии мульды, увеличиваясь до 25—30 *м* к центру мульды.

Водообильность карбонатных пород оценивается в 43—86 *м*^{3}/*сутки*

(0,5—1 *л/сек*), реже — выше. По качеству воды слабосолоноватые, солоновато-соленые и даже горько-соленые, с преобладающей минерализацией от 3 до 10 *г/л*, хлоридно-сульфатно-натриевого состава. В север-

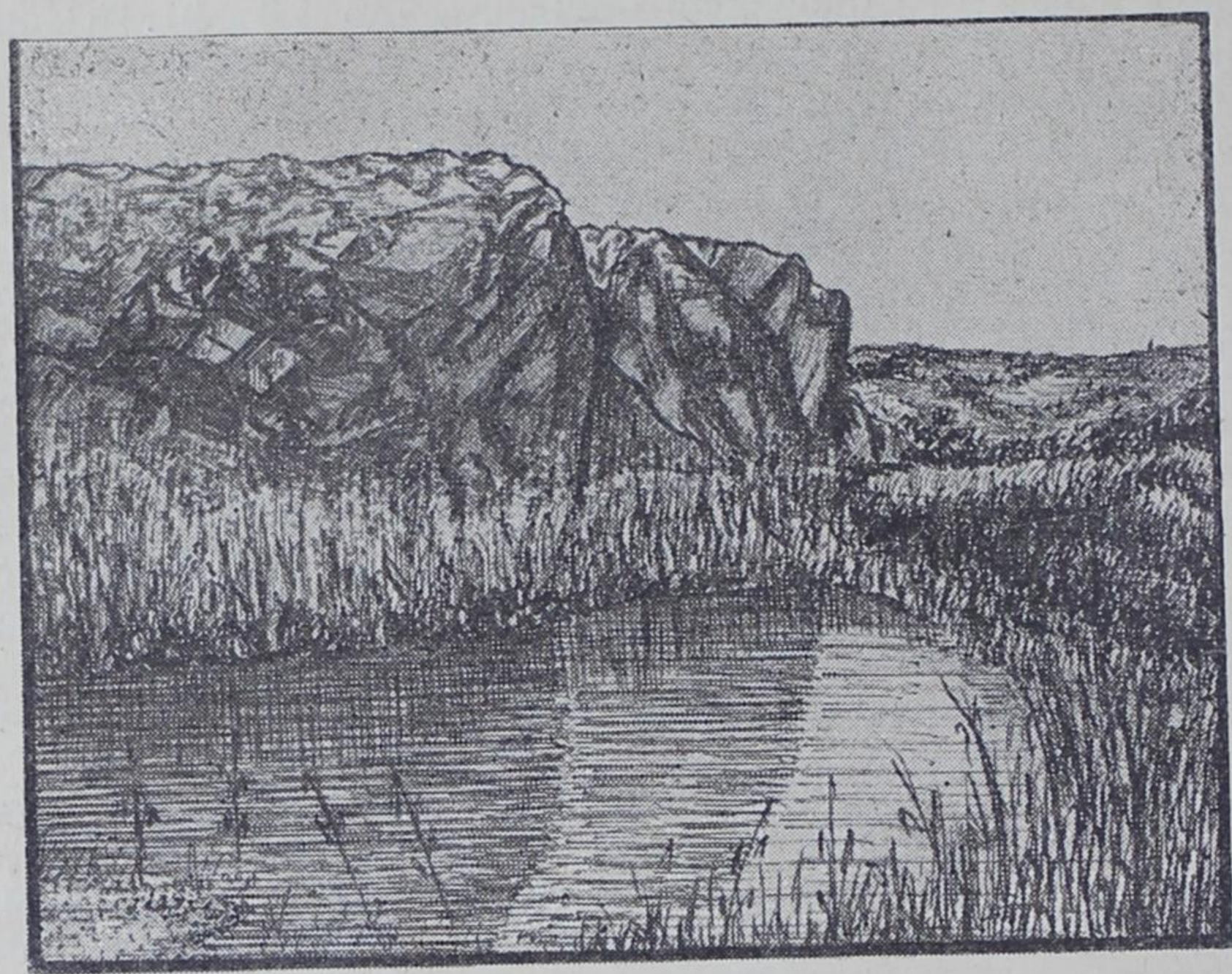


Рис. 52. Выходы грунтовых вод в долине Коктала в Бетпак-Дале у колодца Каракудук.

ной части (в районе метеорологической станции Бетпак-Дала) воды слабосолоноватые (1—3 *г/л*) гидрокарбонатно-сульфатного состава. В западной части территории, где карбонатные породы слагают ядро крупной синклинальной структуры, воды соленые, с минерализацией 10—50 *г/л*, хлоридно-натриевого типа.

Характерный химический состав трещинно-карстовых вод карбонатных пород по роднику у западной границы зоны и по скважине на юге зоны таков:

$$M_{(43-7,4)}\frac{Cl^{38}_{19,3}\,S^{12}_{8,4}\,C^{-}_{-} - Cl^{30}_{2,7}\,S^{18}_{2,1}\,C^{2}_{0,2}}{Na^{8}_{12,5}\,Mg^{8}_{1,4}\,Ca^{4}_{1,2} - Na^{29}_{1,7}\,Ca^{11}_{0,56}\,Mg^{9}_{0,3}}.$$

Подземные воды известняков вследствие их высокой минерализации для целей водоснабжения малопригодны. Их можно применять лишь для водопоя (верблюдов, овец), а для более широкого использования воды следует опреснять. Только слабосолоноватые воды, залегающие на отдельных участках, могут быть рекомендованы для сельскохозяйственного водоснабжения без предварительной обработки.

Наряду с трещинными водами в пределах восточной части Бетпак-Далы ограниченное развитие получили поровые воды песчаников и песков мела. Они вскрыты редкими скважинами в северо-западной части территории на глубине до 5 *м*. Воды имеют спорадический характер залегания, местами комплекс совершенно безводен. Источники в пределах площади распространения меловых отложений отсутствуют. Минерализация воды пестрая, с преобладанием солоноватых и соленых, 5—10 *г/л*, преимущественно хлоридно-натриевого состава. Дебиты скважин не превышают долей кубометра в сутки. Практического значения воды не имеют.

Обособленное положение в районе занимают подземные воды зон тектонических нарушений, секущих весь комплекс пород палеозоя, причем сюда относятся не только зоны региональных разломов, но и локальные тектонические зоны небольшого протяжения.

Глубина распространения трещин в зонах разлома достигает 100 и более метров, они являются своего рода региональными коллекторами подземных вод всего района. Глубина залегания уровня, по данным скважин, не превышает 15 *м*, чаще составляет 10—12 *м*. Дебиты 258 *м*³/*сутки* (3 *л*/*сек*). По качеству воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией до 3 *г*/*л*. Тип гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый.

Характерный химический состав трещинных вод зоны нарушений в гранитоидах, взятых из родника, находящегося на северо-востоке зоны, севернее ручья Жидели, и из родника на гранитном массиве в восточной части района следующий:

$$M_{(0,9-2,2)}\frac{S^{31}_{0,4}\,C^{15}_{0,26}\,Cl^{4}_{0,03} - S^{30,5}_{2,8}\,Cl^{14}_{0,37}\,C^{5}_{0,23}}{Na^{27}_{0,18}\,Ca^{14}_{0,08}\,Mg^{9}_{0,03} - Na^{40}_{0,67}\,Ca^{7}_{0,10}\,Mg^{3}_{0,034}}.$$

Воды тектонических нарушений являются единственным источником централизованного водоснабжения хозяйственных объектов, расположенных в каменистой части Бетпак-Далы. Эксплуатация их возможна с помощью скважин глубиной до 100 *м*.

Западная глинистая часть Бетпак-Далы сложена в основном меловыми и третичными отложениями. Верхнемеловые отложения, представленные слоистой толщей глин, алевролитов с прослоями гравийно-галечниковых песков, песчаников и конгломератов, занимают большую часть северной половины плато. Мощность отложений достигает 80—100 *м*. На севере района и правом берегу р. Сарысу значительно распространены песчано-глинистые и песчано-конгломератовые комплексы нижнего олигоцена и эоцена. В южной половине плато развиты преимущественно третично-олигоценовые алевролиты, пески, галечники и конгломераты, мощность которых не превышает в среднем 10—15 *м*. На крайнем юге плато обнажаются безводные чеганские глины большой мощности. Из четвертичных отложений на плато распространены эоловые, хорошо отсортированные мелкозернистые пески, слагающие массивы Муюнкум и Сауменкум (небольшой мощности), и аллювиальные пески, супеси и галечники долины р. Сарысу.

С меловыми, третичными, а также с четвертичными комплексами пород плато связаны широко распространенные грунтовые воды, формирующиеся в основном за счет просачивания зимне-весенних атмосферных осадков. Этому в значительной мере благоприятствуют хрящеватые почвы, с которых местами сильными ветрами вынесены глинистые частицы, благодаря чему они обладают хорошей поглощаемостью. В долине р. Сарысу и в некоторых логах в питании грунтовых вод участвуют также поверхностные воды, особенно в период весеннего половодья. Мощность водосодержащих комплексов неодинаковая: в меловых отложениях она достигает, по-видимому, 10—15 *м*, в олигоценовых песчано-галечниковых породах, эоловых и аллювиальных песках — 5—8 *м*.

В эоловых песках Муюнкум и Сауменкум и на значительной части долины р. Сарысу грунтовые воды в преобладающем большинстве случаев залегают на глубинах, не превышающих 4—5 *м*. В северной половине плато, где рельеф отличается большей расчлененностью, грунтовые воды встречаются на глубинах 10—15 *м* и даже 20—30 *м*. В южной половине глубина залегания их также достигает 10—30 *м*. В чеганских

безводных глинах южной оконечности плато до глубины 100 *м* грунтовые воды не встречены.

Качество грунтовых вод западной части плато существенно зависит от возрастно-литологических комплексов пород. В меловых гравийно-галечниковых песках минерализация грунтовых вод чаще всего составляет 2—4 *г/л*.

Как видно из анализов (скважины № 35 и 43), выраженных в виде формулы Курлова, по составу воды относятся к сульфатно-натриевым и хлоридно-натриевым:

$$M_{(3,2-3,8)} \frac{S^{28}_{1,3}\, Cl^{19}_{0,67}\, C^{3}_{0,12} - Cl^{28,5}_{1.3}\, S^{17}_{1,0}\, C^{4,5}_{0,3}}{Na^{28}_{0,8}\, Ca^{14}_{0,28}\, Mg^{8}_{0,03} - Na^{30,4}_{0,9}\, Mg^{12,4}_{0,2}\, Ca^{7,2}_{0,1}}.$$

В песчано-глинистых и конгломератовых комплексах нижнего олигоцена и эоцена сухой остаток в воде достигает 5—10 *г/л*. Воды имеют преимущественно хлоридно-натриевый состав:

$$M_{8,1} \frac{Cl^{28}_{3,28}\, S^{21,1}_{2,1}\, C^{0,9}_{0.1}}{Na^{32}_{1,9}\, Ca^{10}_{0,5}\, Mg^{8}_{0,2}}.$$

В песчано-галечниковых и конгломератовых комплексах верхнего олигоцена минерализация грунтовых вод обычно не превышает 1—3 *г/л* и только в восточной части плато повышается до 3—5 *г/л*. Судя по формуле Курлова, состав воды преимущественно сульфатно-натриевый:

$$M_{2,9} \frac{S^{32,5}_{1,4}\, Cl^{15,5}_{0.3}\, C^{2}_{0,1}}{Na^{25}_{0,5}\, Ca^{15,5}_{0,3}\, Mg^{10}_{0,1}}.$$

Эоловые пески содержат в основном пресные воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевого и гидрокарбонатно-натриево-магниевого состава.

Ниже приводится анализ воды из скважин № 25 (0,2 *г/л*) и № 30 (0,3 *г/л*):

$$M_{(0,2-0,3)} \frac{C^{32,5}_{0,07}\, S^{13}_{0,15}\, Cl^{4,5}_{0,003} - C^{31}_{0,1}\, S^{16}_{0,09}\, Cl^{3}_{0.01}}{Ca^{23,5}_{0,04}\, Mg^{14}_{0,02}\, Na^{12,5}_{0,01} - Na^{26,5}_{0,06}\, Mg^{19,5}_{0,03}\, Ca^{9}_{0,02}}.$$

На большей части площади распространения аллювиальных отложений долины р. Сарысу залегают слабосолоноватые воды с плотным остатком 1—3 *г/л*, хлоридно-натриевого состава, которые в самом низовье долины приобретают высокую минерализацию —10—50 *г/л*. Следует отметить, что в местах с расчлененным рельефом слабоминерализованные грунтовые воды чаще всего залегают на возвышенных участках. В отрицательных формах рельефа колодцы в большинстве случаев вскрывают солоноватые или слабосоленые воды. Производительность водоносных горизонтов изучена недостаточно. Примитивно устроенные колодцы имеют дебиты, изменяющиеся от 0,8 до 43 *м³/сутки* (0,01—0,5 *л/сек*). Колодцы инженерного типа или скважины могут обеспечить расходы, превышающие указанные в 2—3 раза.

На данной стадии исследований определить точно ресурсы грунтовых вод трудно. По предварительным подсчетам, прогнозные многолетние ресурсы пресных, слабосолоноватых и солоноватых вод верхнеолигоценовых пород на площади 30 000 *км²* при средней мощности водоносного горизонта 5 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,1 должны составить примерно 15 млрд. *м³* воды, или 0,5 млн. *м³* на 1 *км²*. Беспрерывное и

повсеместное использование только половины этих запасов в течение 100 лет позволит извлекать до 2,5 *м*³/*сек* (при нормальном извлечении расход можно довести до 5 *м*³/*сек*). Расходные модули соответственно будут равны 0,09 (0,18) *л/сек*.

Рис. 53. У колодца Текебайляган. Равнинные пространства западной части Голодной степи.

Эоловые отложения Бетпак-Далы площадью более 2800 *км*² при средней мощности водоносного горизонта около 8 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15, по прогнозным данным, содержат около 3,3 млрд. *м*³ воды, или 1,18 тыс. *м*³ на 1 *км*². Непрерывное использование этих запасов в течение 100 лет дает эксплуатационный расход в размере 0,5 *м*³/*сек* (при нормальном использовании — до 1 *м*³/*сек*).

Песчаные массивы заключают также весьма значительные ежегодно возобновляемые запасы, как и в Приаральских Каракумах. Допуская, что до водоносных горизонтов просачивается около 30% годовых осадков (42 *мм*), ежегодно возобновляемые запасы составят примерно 3,8 *м*³/*сек*. Следовательно, общие (многолетние и возобновляемые) эксплуатационные ресурсы эоловых песков Бетпак-Далы будут равны 4,3 *м*³/*сек* (нормальный расход дает 8,6 *м*³/*сек*). Расходные модули при этом составят 1,5 (3) *л/сек* с 1 *км*².

Указанные запасы широко могут быть использованы для обводнения пастбищных территорий с помощью шахтных колодцев глубиной от 5—10 до 20—30 *м* и отчасти неглубоких скважин глубиной 30—50 *м*.

Артезианские воды

Наряду с грунтовыми водами в западной части Бетпак-Далы имеются большие запасы напорных артезианских вод, приуроченных к Сарысуйской депрессии меридионального направления, с запада отделенной Улутауским подземным валом (Ахмедсафин, 1961). Напорные подземные воды залегают в меловых (альб-сеноманских, сантон-туронских) и нижнетретичных (эоценовых) песках, гравелитах, песчаниках и конгломератах. Мощность их, по данным К. В. Никифоровой (1960), изменяется от 10—20 *м* в нагорной части Бетпак-Далы до 80—120 *м* в Сарысуйской депрессии. Глубина залегания водоносных комплексов, равная 200—300 *м* на юге, уменьшается до 50—100 *м* на севере и северо-востоке (см. рис. 10). Имеются воды от высоконапорных до самоизливающихся. Минерализация напорных вод меловых пород не превышает 1,7 *г/л*. Как видно из формулы Курлова, состав воды меняется от гидрокарбонатно-натриевого до хлоридно-натриевого.

Анализы меловых артезианских вод, взятых из скважин № 44 (0,43 *г/л*) и № 84 (1,47 *г/л*) с глубины 213 и 230 *м* следующие:

$$M_{(0,43-1,47)} \frac{C_{0,2}^{31,5}\, Cl_{0,06}^{13}\, S_{0,03}^{5,5} - Cl_{0,58}^{35,2}\, S_{0,18}^{8}\, C_{0,19}^{6,8}}{Na_{0,1}^{41}\, Ca_{0,03}^{5}\, Mg_{0,01}^{4} - Na_{0,38}^{29,6}\, Mg_{0,08}^{11,1}\, Ca_{0,06}^{9,3}}.$$

Воды эоцена содержат в основном от 1 до 3 *г/л* солей и только в

крайней северо-восточной части бассейна содержание их в воде повышается до 4—5 *г/л*, возможно, и более. Производительность скважин в зависимости от литологического состава водовмещающих толщ изменяется от 86—250 до 1700—2600 *м³/сутки* (или 1—3 до 20—30 *л/сек*). Вековые прогнозные ресурсы напорных вод на площади 40 000 *км²*, даже при средней мощности только 25 *м* (установленные — от 10—20 до 80—120 *м*) и коэффициенте водоотдачи 0,15, составляют 150 млрд. *м³*. Прогнозные ресурсы напорных вод третичных пород, если брать только половину площади их распространения (учитывая возможность спорадического залегания), равную 14 000 *км²*, при мощности 10 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,12 достигают 16 млрд. *м³*; общие ресурсы бассейна —166 млрд. *м³*, или 3 млн. *м³* на 1 *км²*. Упругие запасы, составляющие значительную часть основных, в расчеты не вошли. Если извлекать только половину указанных запасов в течение 130 лет, эксплуатационные расходы при непрерывном использовании будут равны 27 *м³/сек* (при нормальном извлечении по определенным сезонам — 54 *м³/сек*). Расходные модули при этом составят соответственно 0,5 (1,0) *л/сек*. В случае извлечения 80% запасов эксплуатационный расход можно увеличить до 43 (86) *м³/сек*. Модули соответственно возрастут до 0,8 (1,6) *л/сек*. Сравнительно небольшую величину приведенных модулей по отношению к расходам скважин можно объяснить тем, что, во-первых, здесь не учитывались упругие запасы, во-вторых, приведенные данные представляют усредненные величины. Кроме того, эксплуатация скважин при упругом режиме напорных вод позволяет извлекать подземные воды с площади, значительно превышающей ту, для которой рассчитаны модули.

Артезианские воды бассейна могут служить источником обводнения обширных пастбищ, оазисного орошения полей и сельскохозяйственного водоснабжения. Их можно использовать с помощью скважин глубиной 50—100 *м* на севере и северо-востоке и 200—300 *м* на юго-западе плато Бетпак-Далы.

* * *

Краткая характеристика гидрогеологических условий и предварительный анализ ресурсов подземных вод плато Бетпак-Далы свидетельствуют, что эта обширная пустыня, долгое время считавшаяся безводной, заключает в своих недрах весьма значительные доброкачественные водоисточники. Учтенные эксплуатационные ресурсы грунтовых вод только верхнеолигоценовых и эоловых отложений западной части достигают 6,8 (13,6) *м³/сек*. Ресурсы артезианских вод, распространенных в западной части Бетпак-Далы при 50- и 80-процентной сработке колеблются от 27 (54) до 43 (86) *м³/сек*. Выявленные водные ресурсы могут служить важным источником обводнения пастбищ и оазисного орошения полей с целью выращивания ценных продовольственных культур и высококалорийных кормов.

XVI. КОПА-ИЛИЙСКАЯ МЕЖГОРНАЯ ВПАДИНА

А. Г. ГОЛУБЬ, В. П. БОЧКАРЕВ, В. Ф. ШЛЫГИНА

Копа-Илийская межгорная впадина является крупной тектонической депрессией, отделяющей хребты Тянь-Шаня от Джунгарского Ала-

тау. В широтном направлении впадина протягивается более чем на 460 *км*, уходя за границы СССР. Морфологически она представляет наклоненную к р. Или равнину, осложненную разнообразными формами микрорельефа. Самые низкие абсолютные отметки (400—450 *м*) приурочены к долине р. Или, бортовые участки возвышаются над ней на 500—700 *м*. По бортам прослеживаются тектонические уступы, образующие предгорные ступени. Центральная и восточная части впадины ограничены хребтами Кетмень, Заилийский и Джунгарский Алатау. Горное обрамление западной (Копинской) части впадины более низкое. С севера она ограничена Чу-Илийским мелкогорьем и плато Карой, с юга — платообразным массивом Кендыктас.

Основная водная артерия — р. Или — пересекает впадину в широтном направлении (среднегодовой расход 460 *м*³/*сек*). Большинство горных рек (за исключением рек Каскелена, Чилика и Чарына) не доносит свои воды до р. Или, так как разбираются на орошение и инфильтруются. Вода в реках пресная, с сухим остатком менее 0,5 *г/л*, гидрокарбонатно-кальциевая. Соленые воды с минерализацией до 10 *г/л* несет р. Копа, протекающая в западной части впадины.

Климат резко континентальный, с отчетливо выраженной зональностью. Максимальное количество осадков (600—700 *мм* в год) и наименьшие колебания температуры (50—60°) наблюдаются в предгорной полосе Заилийского Алатау. У р. Или и на западном и восточном флангах впадины количество атмосферных осадков снижается до 150—200 *мм*. В тех же направлениях возрастает испаряемость, дефицит влажности и годовая амплитуда колебаний температур, достигающая 80—90° в долинах рек Или и Копа.

Впадина выполнена мощной толщей рыхлообломочных мезозой-кайнозойских отложений (5200 *м* у г. Панфилова и 3000—4000 *м* у г. Алма-Аты). В западной (Копинской) части впадины палеозойский фундамент залегает на глубине от 200 до 1000 *м*.

К рыхлым четвертичным отложениям приурочены большие запасы грунтовых вод, имеющих повсеместное распространение и на большей части территории характеризующихся региональным питанием. Для накопления запасов грунтовых вод наиболее благоприятны бортовые участки впадины, сложенные мощными (до 500—700 *м*) рыхлыми отложениями предгорных шлейфов. Движение грунтовых вод направлено в общем от гор к осевым частям впадины.

Особенности геологического строения и устройства поверхности определяют условия формирования, залегания и химический состав грунтовых вод и позволяют выделить следующие гидрогеологические подрайоны: 1) предгорные ступени (прилавки), 2) водораздельную равнину междуречья Таргап — Узун-Каргалы, 3) предгорные наклонные равнины, 4) долины крупных рек.

Предгорные ступени

Предгорные ступени вытянуты полосой вдоль северного склона Заилийского Алатау и образуют характерные уступы (прилавки). Сюда же относятся расчлененные предгорья гор Калканы, северо-восточные отроги гор Бала-Богуты и возвышенная равнина к северу от хребта Кетмень. У подножий Заилийского Алатау предгорные ступени сложены нижнечетвертичными валунно-галечниками, перекрытыми лёссами и лёссовидными суглинками мощностью 20—100 *м*. На остальных участках предгорных ступеней распространены преимущественно плиоцен-нижнечетвертичные отложения, представленные загипсованными глинами,

конгломератами с прослоями песчаников, алевролитов, мергелей. Предгорные ступени дренированы глубокими долинами и логами (глубина эрозионных врезов 20—100 *м*). Выше эрозионных врезов выдержанные водоносные горизонты отсутствуют, ниже — возможны грунтовые и напорные воды. Изучен подрайон слабо.

Прогнозные многолетние ресурсы подземных вод плиоцен-нижнечетвертичных отложений, слагающих предгорья в восточной части Илийской впадины (площадь 3375 *км*^{2}), составляют 3,4 млрд. *м*^{3} (от 0,4 до 1,0 млн. *м*^{3} на 1 *км*^{2}). Принятая в расчет средняя мощность обводненной зоны 10 *м*, коэффициент водоотдачи 0,1.

Водораздельная равнина междуречья Таргап—Узун-Каргалы

Этот подрайон западнее меридиана поселка Чемолган характеризуется холмисто-увалистым рельефом и глубокими (50—100 *м*) врезами речных долин и логов. Он сложен отложениями плиоцен-нижнечетвертичного возраста (глинами, суглинками, иногда загипсованными, с прослоями разнозернистых песков, песчаников, гравелитов). Мощность отложений колеблется от 98 до 600 *м*.

Грунтовые водоносные горизонты приурочены к редким песчаным прослоям мощностью 2—10 *м*, вскрытым на глубинах 10—30 *м* (по данным Н. Н. Манькова). Ближе к южному борту впадины глубина залегания подземных вод увеличивается до 50—100 *м*. Дебиты водопунктов 8—43 *м*^{3}/*сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Воды слабосолоноватые, с сухим остатком 1—3 *г/л*, сульфатно-натриевые и сульфатно-хлоридно-натриевые. Типичный химический состав грунтовых вод может быть отражен видоизмененной формулой Курлова:

$$M_{(1,06-2,89)}\ \frac{S^{23,5}_{0,425}\,Cl^{15}_{0,195}\,C^{11}_{0,25} - S^{26}_{1,08}\,Cl^{13}_{0,40}\,C^{10,5}_{0,56}}{Na^{24,5}_{0,21}\,Mg^{12,5}_{0,057}\,Ca^{13}_{0,048} - Na^{27}_{0,53}\,Mg^{12,5}_{0,129}\,Ca^{10,5}_{0,184}}.$$

Многолетние ресурсы грунтовых вод незначительны. При площади распространения 825 *км*^{2}, средней мощности пласта 4 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,1 прогнозные ресурсы грунтовых вод не превышают 0,3 млрд. *м*^{3}, что составляет 0,4 млн. *м*^{3} на 1 *км*^{2}. Грунтовые воды могут служить источником водоснабжения мелких сельскохозяйственных объектов.

Предгорные наклонные равнины

Предгорные наклонные равнины занимают обширные пространства впадины, имея общий уклон от гор к местным базисам эрозии — долинам рек Или и Копа. У южного борта впадины они тянутся широкой полосой в 50—60 *км*, у северного — равнины узкие (5—10 *км*), с крутыми уклонами поверхности. Разнообразие природно-климатических и геологических условий обусловливает различие в условиях формирования грунтовых вод.

Предгорная равнина Заилийского Алатау, отличающаяся наиболее благоприятными условиями формирования подземных вод, протягивается вдоль хребта на 250 *км* и имеет ширину от 65 *км* по меридиану г. Алма-Аты до 15 *км* у гор Бала-Богуты. Уклон поверхности составляет в среднем 0,010; на предгорном шлейфе он достигает 0,030.

Равнина сложена четвертичными аллювиально-пролювиальными отложениями, представленными в полосе конусов выноса валунно-галеч-

никами, сменяющимися по мере удаления от гор галечниками и песками, чередующимися с супесями и суглинками. Максимальная мощность четвертичных отложений —400—500 *м* — отмечается у подножий хребта, в сторону долины р. Или она уменьшается до 20—60 *м*.

Наличие глубокой депрессии у подножий хребта, выполненной рыхлыми валунно-галечниковыми отложениями, большое количество атмосферных осадков (до 1000 *мм* в год в высокогорных районах), обширные ледники и снежники, дающие начало многочисленным горным рекам, теряющим по выходе на равнину 30—50% стока на просачивание, способствуют формированию мощного потока грунтовых вод. На предгорной равнине выделяется несколько гидродинамических зон грунтового потока: зона питания (погружения), совпадающая территориально с конусами выноса, зона выклинивания подземных вод, тянущаяся полосой в 3—5 *км* у их периферии, зона неглубокого залегания и вторичного погружения грунтовых вод (рис. 54). Первая зона приурочена к полосе максимального тектонического прогиба, где мощная толща валунно-галечников (400—500 *м*) является огромным коллектором, на долю которого приходится 70% многолетних ресурсов грунтовых вод впадины. Единый водоносный горизонт со свободным зеркалом залегает на глубине 5—10 *м* в нижних частях конусов выноса и на глубине 100 *м* и более в их вершинах. Разведанная мощность водоносного горизонта превышает 200 *м*.

Химический состав подземных вод формируется в условиях энергичного водообмена в хорошо промытых отложениях. Воды пресные и ультрапресные, с сухим остатком 0,1—0,3 *г/л*, гидрокарбонатно-кальциевые, реже — гидрокарбонатно-кальциево-магниевые. Характерные химические анализы грунтовых вод по Алмаатинскому, Талгарскому, Иссыкскому и другим конусам выноса могут быть отражены видоизмененной формулой Курлова:

$$M_{(0,118-0,258)} \frac{C^{43,5}_{0,122}\, S^{3,5}_{0,008}\, Cl^{3}_{0,005} - C^{40}_{0,162}\, S^{4,5}_{0,014}\, Cl^{5,5}_{0,1}}{Ca^{37}_{0,029}\, Mg^{4,5}_{0,005}\, Na^{8,5}_{0,009} - Ca^{36,5}_{0,049}\, Mg^{7,5}_{0,006}\, Na^{6}_{0,009}}.$$

Породы, слагающие конусы выноса, характеризуются высокой водообильностью Коэффициенты фильтрации 30—100 *м/сутки*. Удельные дебиты скважин 860—2600 *м³/сутки* (10—30 *л/сек*); фактические дебиты до 8640 *м³/сутки* (100 *л/сек* при понижении на 4—5 *м*).

Севернее зоны поглощения глубина залегания грунтовых вод меняется от 0,2 *м* (в зоне разгрузки) до 5—10 *м* на низких террасах рек и до 30 *м* на водоразделах. Мощность водоносных горизонтов 2—15 *м*. На большей части территории равнины распространены пресные воды с сухим остатком до 1,0 *г/л*. Наиболее часто отмечаются воды с сухим остатком 0,3—0,6 *г/л*, гидрокарбонатно-кальциевые, реже — гидрокарбонатно-кальциево-магниевые, при повышении минерализации — сульфатно-натриевые.

Химический состав грунтовых вод из скважины в с. Покровка следующий:

$$M_{0,57} \frac{C^{27,5}_{0,231}\, S^{16,5}_{0,110}\, Cl^{6}_{0,029}}{Ca^{23}_{0,061}\, Mg^{14}_{0,024}\, Na^{13}_{0,043}}.$$

Соленые и горько-соленые воды (до 56 *г/л*) вскрыты на водораздельных участках рек Каскелен — Талгар и Тургень — Чилик. Повышенная минерализация характерна для горизонтов, залегающих выше местных базисов эрозии. Дебиты скважин 8÷43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*), коэффициенты фильтрации 2—20 *м/сутки*.

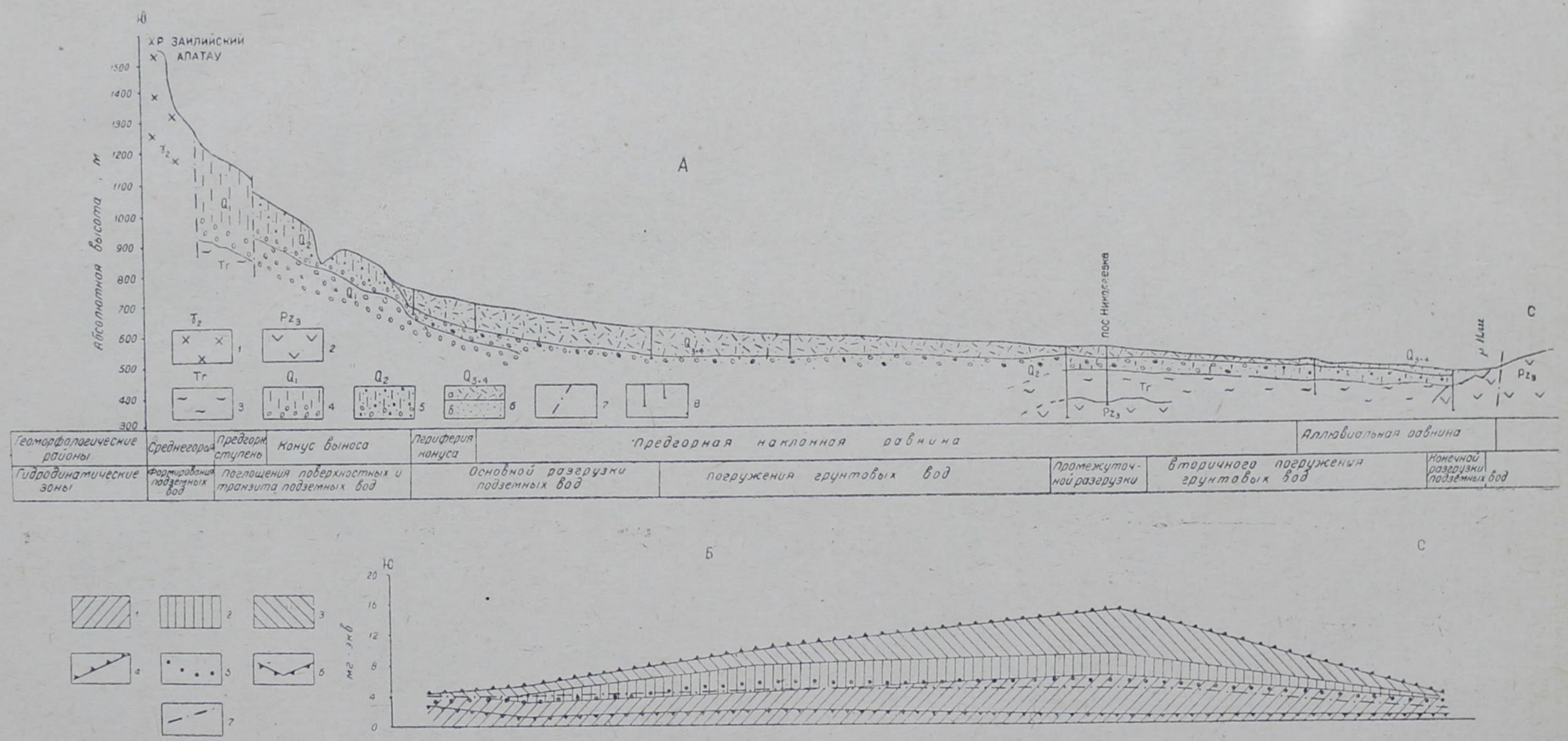


Рис. 54.

А — схематический гидрогеологический разрез предгорной равнины северного склона Заилийского Алатау по линии г. Алма-Ата — пос. Николаевка и соотношение гидродинамических зон с геоморфологическими районами.

1—комплекс гранитоидов палеозоя; *2*—комплекс преимущественно эффузивных пород верхнего палеозоя; *3*—комплекс преимущественно глинистых отложений неогена и палеогена; *4*—комплекс нижнечетвертичных отложений (в нижней части разреза — валунно-галечники, в верхней — лёссы и лёссовидные суглинки); *5*—комплекс среднечетвертичных отложений (в нижней части разреза — валунно-галечники, в верхней — лёссовидные суглинки и супеси); *6*—комплекс верхнечетвертичных и современных отложений: *а)* песчано-глинистые слоистые, аллювиально-пролювиального генезиса, *б)* преимущественно песчаные слоистые, аллювиального генезиса; *7*— зоны тектонических нарушений; *8*— разведочные скважины.

Б— изменение солевого состава грунтовых вод по приведенному разрезу. *1*—гидрокарбонаты; *2*—сульфаты; *3*—хлориды; *4*—кальций; *5*—магний: *6*— сумма натрия и калия; *7*—общая жесткость воды.

Предгорная равнина хребта Кендыктас вытянута вдоль хребта на 120 *км* и имеет ширину от 5 *км* западнее поселка Отар до 30 *км* на востоке. Уклон равнины от гор к долине р. Копа и в сторону Илийской впадины не превышает 0,01.

Аллювиально-пролювиальные отложения, слагающие равнину, имеют максимальную мощность (200—300 *м*) у подножий гор и минимальную (20—30 *м*) у долины р. Копа.

Условия формирования подземных вод менее благоприятны вследствие засушливости климата, отсутствия высокогорных ледников и слаборазвитой речной сети. Гидродинамические зоны не выражены. Конусы выноса (зона поглощения) невелики по размерам и в западной части их нет совершенно. Разгрузка подземных вод осуществляется в основном по долине р. Копа.

Глубина залегания подземных вод, равная 15—25 *м* у периферии конусов выноса, увеличивается до 100 *м* у их вершин. На предгорной наклонной равнине у русел рек Копа и Таргап подземные воды находятся на глубинах 4—5 *м*, а в ее юго-западной части — на глубинах 30—40 *м*. Мощность водоносных горизонтов 4—20 *м*. В западной части впадины и в полосе предгорий воды пресные, с сухим остатком 0,3—0,5 *г/л*, по типу минерализации гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые.

Формула характерных химических анализов воды из скважин, расположенных на участке между старым Отаром и ж.-д. станцией Отар, такова:

$$M_{(0,28-0,44)} \frac{C^{36}_{0,213}\, S^{11}_{0,039}\, Cl^{3}_{0,011} - C^{22,5}_{0,162}\, S^{17,5}_{0,105}\, Cl^{10}_{0,044}}{Ca^{31}_{0,06}\, Mg^{13}_{0,015}\, Na^{6}_{0,014} - Na^{28}_{0,081}\, Ca^{13}_{0,033}\, Mg^{9}_{0,013}}.$$

По направлению к долинам рек Таргап и Копа минерализация вод возрастает до 3 *г/л*. На участках неглубокого залегания грунтовых вод развиты процессы континентального засоления, минерализация повышается нередко до степени рассолов, при этом вода приобретает хлоридно-сульфатно-натриевый состав. Дебиты скважин колеблются от 60 до 1300 *м³/сутки* (0,7—15 *л/сек*), в среднем составляют 1—5 *л/сек*.

Предгорная равнина хребта Кетмень простирается в широтном направлении на 150 *км*, сужаясь от 70 *км* на западе до 40—45 *км* на востоке. Общий уклон поверхности от гор к долине р. Или меняется от 0,010 до 0,006. Вблизи гор равнина глубоко — до 20—30 *м* — расчленена долинами рек и оврагов. Четвертичные отложения, слагающие равнину, как и подстилающие их отложения неогена, имеют пологий наклон от хребта к долине р. Или. Их мощность у подножий хребта не превышает 200—250 *м*, увеличиваясь в сторону Джаркентской депрессии до 400—450 *м*.

Условия формирования подземных вод весьма благоприятны. Большое количество рек, стекающих с северного склона хр. Кетмень, теряют сток на инфильтрацию в рыхлые отложения, слагающие предгорный шлейф (зона питания). Разгрузка происходит частично на широте поселка Дубун, по зоне регионального разлома, и в долине р. Или. Глубина залегания грунтовых водоносных горизонтов в пределах предгорного шлейфа 50—100 *м* и в долине р. Или — 10÷30 *м*. Мощность их колеблется от 2—5 до 20—25 *м* (в среднем 15 *м*). Преобладают пресные воды с сухим остатком до 1 *г/л*. Водообильность пород уменьшается по мере удаления от горного массива в связи с общей дифференциацией обломочного материала.

Предгорная равнина Джунгарского Алатау простирается в междуречье Хоргос — Борохудзир на 45 *км* и имеет ширину 50—60 *км* от

подножий хребта до долины р. Или. Уклон поверхности в среднем равен 0,006. Здесь развиты громадные конусы выноса рек Хоргоса, Усека, Тышкана, сложенные валунно-галечниками, максимальная мощность которых (450—500 *м*) отмечается в Джаркентской депрессии.

Горные реки и временные потоки теряют основную часть стока в полосе конусов выноса на инфильтрацию, чем способствуют формированию мощного потока подземных вод (зона поглощения или питания). Зона разгрузки грунтовых вод протягивается полосой в 15—20 *км* южнее г. Панфилова, в районе озера Усекское и по долине р. Или.

Глубина залегания подземных вод колеблется от 30 *м* в предгорьях до 5 *м* южнее г. Панфилова. Средняя мощность водоносных горизонтов 15—20 *м*. Воды пресные, с сухим остатком до 1 *г/л*. В зоне выклинивания минерализация грунтовых вод повышается до 1—3 *г/л*. Дебиты водопунктов 85÷400 *м³/сутки* (1—5 *л/сек*).

Предгорные ревнины Катутау, гор Чулак и Чу-Илийских гор отличаются малоблагоприятными условиями формирования подземных вод, так как расположены у склонов с южной экспозицией, характеризующихся малым количеством атмосферных осадков, полным отсутствием постоянных водотоков и сильноразвитыми процессами испарения.

Равнины сложены делювиально-пролювиальными дресвяно-щебнистыми накоплениями с песчаным и супесчаным заполнителем. Мощность рыхлых четвертичных отложений изменяется от 100 *м* в предгорьях Катутау до 40 *м* в районе Калканов и до 20 *м* у юго-западных склонов гор Чулак.

Глубина залегания грунтовых вод в среднем 10—30 *м*. Мощность водоносных горизонтов весьма различна — от 1—2 до 20 *м*. Минерализация вод пестрая, с преобладанием пресных и слабосолоноватых, с сухим остатком до 3 *г/л*. По типу минерализации они преимущественно хлоридные и сульфатные. Химический состав воды из скважин, расположенных юго-восточнее поселка Шенгельды, следующий:

$$M_{(1,2-3,1)} \frac{C^{31,5}_{0,46}\, S^{10,5}_{0,11}\, C^{8}_{0,14} - S^{33}_{1,53}\, Cl^{13,5}_{0,467}\, C^{3,5}_{0,219}}{Na^{25,5}_{0,18}\, Ca^{5}_{0,093}\, Mg^{9,5}_{0,036} - Na^{23,5}_{0,523}\, Mg^{16,5}_{0,195}\, Ca^{10}_{0,192}}.$$

На участках близкого залегания неогеновых гипсоносных глин встречаются воды с сухим остаком 5 *г/л* и более. Водообильность пород различная; преобладают дебиты скважин 85÷430 *м³/сутки* (1—5 *л/сек*).

Равнина у южных склонов Чу-Илийских гор имеет протяженность 100 *км* и ширину от 5 до 15 *км*. Уклон поверхности колеблется от 0,006 до 0,02. Грунтовые воды распространены спорадически и обнаружены только по долинам временных водотоков. Глубина залегания 10—30 *м;* мощность водоносных горизонтов от долей до 2—3 *м*. Воды слабосолоноватые, с сухим остатком 1—3 *г/л;* по отдельным логам встречены воды с минерализацией до 7 *г/л*. Дебиты источников, зафиксированные в логах, составляют 8—40 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*).

Рыхлые четвертичные отложения, слагающие предгорные равнины Копа-Илийской впадины, содержат огромные ресурсы грунтовых вод.

Наиболее перспективны для крупного водоснабжения и орошения полей грунтовые воды конусов выноса. Общие прогнозные вековые ресурсы (табл. 7) по конусам выноса, занимающим во впадине общую площадь 7630 *км²*, достигают 76 млрд. *м³* (в среднем 10 млн. *м³* на 1 *км²*). Из них 74,5 млрд. *м³* составляют воды с минерализацией до 1 *г/л* и 1,5 млрд. *м³* — воды пестрой минерализации, с преобладанием пресных и слабосолоноватых. При использовании половины этих ресурсов в те-

Таблица 7

Местоположение участка	Площадь распространения, *км*²	Средняя мощность водоносного горизонта, *м*	Коэффициент водоотдачи, %	Вековые ресурсы, млрд. *м*³	Ресурсы, млн. *м*³ на 1 *км*²
Конусы выноса:					
Заилийского Алатау	1660	100	0,25	41,50	25,1
Хр. Кетмень	529	25	0,20	2,64	5,0
Джунгарского Алатау	4050	30	0,20	24,30	6,0
Гор Кендыктас	1000	30	0,20	6,00	6,0
Гор Чулак и Катутау	390	15	0,25	1,46	3,7
Итого	7629			75,90	

чение 100 лет можно получить 12 *м*³/*сек*, в случае 80-процентной сработки — 20 *м*³/*сек*.

Ежегодное пополнение подземных вод определено для части предгорного шлейфа Заилийского Алатау по данным детальных разведочных работ; в верхней части обводненной толщи мощностью 100 *м* расход потока равен 220—268 *л*/*сек* на 1 *пог. км* (Шлыгина, 1963). Суммарный расход по фронту потока в 100 *км* на периферии конусов выноса равен 23 *м*³/*сек*.

Пополнение запасов подземных вод конусов выноса в предгорьях Кетменя, гор Кендыктас, Джунгарского Алатау определить трудно из-за их слабой изученности. Если учитывать ежегодное пополнение подземных вод только по предгорьям Заилийского Алатау, то отбор воды по конусам выноса может быть увеличен до 35 *м*³/*сек* при 50-процентном и до 43 *м*³/*сек* при 80-процентном использовании вековых ресурсов.

Грунтовые воды конусов выноса можно широко использовать для орошения полей, водоснабжения населенных пунктов и крупных промышленных предприятий.

Прогнозные вековые ресурсы грунтовых вод предгорных равнин (т. е. в пределах зон неглубокого залегания и вторичного погружения грунтовых вод) на площади 8300 *км*² составляют 16,4 млрд. *м*³, или в среднем 1,2 млн. *м*³ на 1 *км*² (табл. 8).

Таблица 8

Местоположение участка	Площадь распространения, *км*²	Средняя мощность водоносного горизонта, *м*	Коэффициент водоотдачи, %	Вековые ресурсы, млрд. *м*³	Ресурсы, млн. *м*³ на 1 *км*²
Предгорные равнины гор:					
Кендыктас	1350	5—20	0,20	0,14	0,3
Заилийского Алатау	3730	13	0,12—0,20	9,85	2,6
Кетменя	2700	15	0,15	6,00	2,2
Чулак и Катутау	520	5	0,15	0,39	1,7
Чу-Илийских	Ввиду спорадического распространения водоносных горизонтов ресурсы не определены				
Итого	8300			16,38	

Из 16,4 млрд. *м*³ на долю слабосолоноватых (1—3 *г*/*л*) приходится 0,1 млрд. *м*³ (Копинская впадина), остальные 16,3 млрд. *м*³ составляют пресные воды с минерализацией до 1 *г*/*л*.

При использовании половины этих ресурсов в течение 100 лет можно получить 2,5 *м³/сек*, а при использовании 80% — 4,2 *м³/сек* (0,5 *л/сек* на 1 *км²*). Эти цифры не являются предельными, так как при эксплуатации изменяются условия питания, и эксплуатационные запасы могут превысить их в несколько раз.

Долины крупных рек

Река Или, пересекающая впадину с востока на запад, имеет широкую (до 15 *км*) аллювиальную долину, ширина долины р. Копы не превышает 5—6 *км*. Комплекс среднечетвертичных и современных аллювиальных отложений долин этих рек представлен песками, галечниками и на отдельных участках — тонкими песками и супесями. Мощность аллювия в долине р. Или 20—60 *м*. Глубина залегания грунтовых вод на высоких террасах 7—10 *м*, на низких — 0,5—5 *м*. Водообильность аллювиальных отложений различна. Дебиты скважин 8÷900 *м³/сутки* (0,1—10 *л/сек*); преобладают скважины с дебитами 43÷85 *м³/сутки* (0,5—1 *л/сек*). Наряду с пресными водами с сухим остатком 0,5—1,0 *г/л* встречаются соленые и горько-соленые с сухим остатком более 10 *г/л*. Вблизи озера Соркуль, в долине р. Или, в низовьях р. Копа (до впадения в нее рек Жирен-Айгыр и Узун-Каргалы) минерализация грунтовых вод повышена до степени рассолов.

Характерный химический состав грунтовых вод в районе ж.-д. станции Или (долина р. Или) таков:

$$M_{0,42}\,\frac{C^{28}_{0,25}\,S^{17}_{0,12}\,Cl^{5}_{0,03}}{Na^{20}_{0,07}\,Ca^{15,5}_{0,03}\,Mg^{14,5}_{0,05}}.$$

Прогнозные вековые и многолетние ресурсы вод аллювиальных отложений ориентировочно составляют:

1) по долинам бассейна р. Копы (площадь 275 *км²*, средняя мощность водоносных горизонтов 10 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2) пресные воды, с сухим остатком до 0,5 *г/л* — 0,55 млрд. *м³*, солоноватые, с сухим остатком 1÷3 *г/л* — 0,10 млрд. *м³* (в среднем 2,4 млн. *м³* на 1 *км²*).

2) по долинам бассейна р. Или (площадь 3340 *км²*, средняя мощность водоносных горизонтов 13 *м*, коэффициент водоотдачи 0,2) пестрые воды, с преобладанием пресных и солоноватых — 8,8 млрд. *м³* (3 млн. *м³* на 1 *км²*).

Всего 9,45 млрд. *м³* (2,6 млн. *м³* на 1 *км²*).

По долинам рек при использовании 50% этих ресурсов в течение 100 лет можно получить 1,5 *м³/сек*, а при 80-процентной сработке — 2,5 *м³/сек* (0,8 *л/сек* на 1 *км²*).

В долинах рек развиты процессы перевевания аллювиальных отложений и образования мелкобугристых и барханно-грядовых песков (массивы Муюнкум, Улькункум, Бабакум, Карабас и др.). В эоловых песках имеются грунтовые воды, образующие обычно единый водоносный горизонт с подстилающими аллювиальными отложениями. В песках Муюнкум на левобережье р. Каскелен глубина залегания водоносного горизонта в межбарханных понижениях достигает 20—30 *м*. Наиболее широко распространены пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией до 3 *г/л*, гидрокарбонатно-магниевые и сульфатно-кальциевые. В южной и западной, наиболее удаленных от реки, частях песчаного массива встречаются грунтовые воды пестрой минерализа-

ции (от 0,5 до 5,5 *г/л*). Типичный химический состав грунтовых вод может быть выражен видоизмененной формулой Курлова:

$$M_{(0,63-1,43)} \frac{C^{25}_{0,26}\, S^{14,5}_{0,12}\, Cl^{5}_{0,32} - S^{44}_{1,134}\, C^{3,5}_{0,116}\, Cl^{1,5}_{0,028}}{Mg^{20,5}_{0,043}\, Na^{16,5}_{0,066}\, Ca^{13}_{0,045} - Ca^{43}_{0,461}\, Mg^{4}_{0,028}\, Na^{3}_{0,036}}.$$

Дебиты водопунктов 8—50 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*).

В долине р. Или грунтовые воды в эоловых массивах залегают на глубинах 1—2,5 *м*. Преобладают солоноватые хлоридно-натриевые воды с общей минерализацией 3—5 *г/л*:

$$M_{(1,9-4,0)} \frac{Cl^{19,5}_{0,408}\, C^{15,5}_{0,564}\, S^{15}_{0,42} - Cl^{29}_{1,299}\, S^{13,5}_{0,809}\, C^{7,5}_{0,597}}{Na^{26}_{0,35}\, Ca^{15,5}_{0,186}\, Mg^{8,5}_{0,061} - Na^{32}_{0,929}\, Ca^{11}_{0,279}\, Mg^{7}_{0,108}}.$$

Дебиты колодцев здесь не превышают 8—50 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Прогнозные вековые ресурсы пресных и солоноватых вод эоловых отложений Копа-Илийской впадины составляют 1,8 млрд. *м³* (0,5 млн. *м³* на 1 *км²*).

Эксплуатация грунтовых вод Копа-Илийской впадины должна осуществляться с учетом следующих рекомендаций:

1) в периферийных частях конусов выноса с близким залеганием уровня подземных вод целесообразно бурение высокодебитных скважин глубиной 60—100 *м* и оборудование шахтных колодцев (до 10 *м*) с использованием центробежных насосов;

2) на водоразделах предгорной равнины и в долинах рек Или и Копы целесообразен каптаж мелкими скважинами (40—50 *м*) нижней опресненной части водоносных горизонтов с изоляцией верхних горизонтов, содержащих соленые воды;

3) целесообразен каптаж нисходящих источников в долинах рек, пересекающих предгорную наклонную равнину, а также источников, обнажающихся по периферии конусов выноса и в основании предгорных ступеней.

Артезианские воды

Рассматриваемый район представляет обширный многоярусный артезианский бассейн. Самоизливающиеся воды приурочены к четвертичным, палеогеновым и меловым отложениям.

Наибольшее значение имеют напорные воды, приуроченные к мощным четвертичным отложениям. Напорные водоносные горизонты мощностью от 5 до 40 *м* залегают на глубинах 100—400 *м* в пределах конусов выноса и на глубинах 20—100 *м* и более в пределах предгорных наклонных равнин. По химическому составу напорные воды пресные (0,2—0,5 *г/л*), гидрокарбонатно-кальциевые. Скважины, каптирующие напорные воды (рис. 55), имеют дебиты при самоизливе 400—4300 *м³/сутки* (5—50 *л/сек*).

Прогнозные ресурсы артезианских вод четвертичных отложений предгорных равнин составляют (при площади 16 тыс. *км²*, средней мощности 100 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,18) 270 млрд. *м³*, или 16,5 млн. *м³* на 1 *км²* (Ахмедсафин, 1961). Использование 50% этих ресурсов в течение 100 лет позволяет получить до 45 *м³/сек* воды. Использование 80% даст возможность увеличить расход до 72 *м³/сек* (2,8—4,5 *л/сек* с 1 *км²*).

Эксплуатация подземных вод возможна скважинами глубиной 50—300 *м*.

Рис. 55. Скважина, каптирующая напорные воды четвертичных отложений предгорной равнины Заилийского Алатау и дающая при самоизливе 50 *л/сек* (с. Покровка).

В восточной, наиболее погруженной части Копа-Илийской впадины развиты рыхлые меловые и палеогеновые отложения, суммарная мощность песчаных отложений которых достигает 300 *м* (Чакабаев, Ли, 1960). В меловых и палеогеновых отложениях на глубинах 1000—3000 *м* и более развиты высоконапорные воды с дебитами при самоизливе 5200—6500 *м*^{3}*/сутки* (60—75 *л/сек*). На глубинах, превышающих 1000 *м*, обнаружены очень горячие воды. Так, из скважины в районе Борохудзира получен фонтан воды, имеющей температуру 96°С (при избыточном давлении 36 *атм*).

Анализ геологического строения погруженных структур, условий формирования артезианских вод и данные глубокого бурения в восточной части Копа-Илийской впадины свидетельствуют о наличии в мел-палеогеновых отложениях огромных запасов подземных вод. При площади развития этих отложений в 12 тыс. *км*^{2}, коэффициенте водоотдачи 0,15 и осредненной мощности водонасыщенной зоны 200 *м* многолетние прогнозные ресурсы артезианских вод составляют 360 млрд. *м*^{3}, или 30 млн. *м*^{3} на 1 *км*^{2}. Беспрерывная эксплуатация артезианских горизонтов мел-палеогеновых отложений позволяет получать до 70 *м*^{3}*/сек* (Ахмедсафин, 1961).

* * *

Приведенные данные свидетельствуют о наличии в Копа-Илийской межгорной впадине огромных ресурсов подземных вод. Прогнозные вековые и многолетние запасы составляют 737 млрд. *м*^{3} и слагаются из запасов грунтовых (107 млрд. *м*^{3}), напорных (270 млрд. *м*^{3}) вод четвертичных отложений и артезианских вод мела — палеогена (360 млрд. *м*^{3}).

Общие эксплуатационные ресурсы при 50-процентной сработке вековых запасов с учетом возобновляемых составят 154 *м*^{3}*/сек* (при нормальном использовании — 308 *м*^{3}*/сек*), в случае 80-процентной сработки — 189 (398) *м*^{3}*/сек*.

XVII. ЮЖНО-ПРИБАЛХАШСКИЕ ПРЕДГОРНЫЕ И БУГРИСТО-ГРЯДОВЫЕ РАВНИНЫ

У. М. АХМЕДСАФИН

Названный район охватывает обширные территории, занятые песчаными пустынями, полупустынями Сартаукум, Джуанкум, Сары-Ишик-Отрау, Джаманджал, Аралкум, имеющими всхолмленный и слабоволнистый бугристо-грядовый рельеф. На юго-востоке они граничат с мощными хребтами Джунгарского Алатау и их отрогами, от которых отделяются неширокой плоской слабопокатой предгорной равниной. На юге и юго-западе песчаные массивы вплотную подходят к хребту Малайсары, Чу-Илийским горам и их отрогам. Район с ЮВ на СЗ пересекается такими значительными реками, как Или (средний годовой расход 466 *м*³/*сек*), Каратал (62 *м*³/*сек*). Лепсы (24 *м*³/*сек*) и Аксу (11 *м*³/*сек*). Между указанными реками на сотни километров простираются безводные пустыни. У подножия Джунгарского Алатау имеется ряд небольших рек, которые по выходе из ущелья разбираются на орошение или теряются в галечниках конусов выноса. Климат района резко континентальный, засушливый. В крайних южных и юго-восточных возвышенных частях его выпадает от 150 до 250 *мм* атмосферных осадков в год, а на остальной территории количество осадков варьирует в пределах 100—150 *мм*. Большее количество осадков выпадает в зимне-весеннее время, причем значительная часть их теряется на инфильтрацию.

Район с поверхности сложен аллювиально-пролювиальными, древнеаллювиально-озерными и эоловыми четвертичными рыхлообломочными отложениями, мощность которых в большинстве случаев измеряется десятками и сотнями метров. С глубиной они сменяются палеоген-неогеновыми рыхлыми, местами слабосцементированными глинистыми и отчасти глинисто-песчаными породами. В рассматриваемом районе по природно-геологическим и гидрогеологическим особенностям можно выделить покатую предгорную равнину Джунгарского Алатау, узкую полосу предгорной равнины Чу-Илийских гор и собственно бугристо-грядовые равнины Южного Прибалхашья.

Покатая предгорная равнина Джунгарского Алатау

Покатая предгорная равнина Джунгарского Алатау у подножия гор сложена пролювиально-аллювиальными гравийно-галечниковыми, гравийно-песчаными и песчаными комплексами пород, которые в пределах пролювиальной равнины переслаиваются с супесями, суглинками и глинами. С гравийно-галечниковыми отложениями связаны мощные грунтовые потоки, формирующиеся у подножия гор за счет поглощения речных вод, атмосферных осадков, а также стока трещинных вод из коренных пород. Направление потоков близкое к северо-западному. Мощность водонасыщенных комплексов на конусах выноса исчисляется 300—400 *м*.

В зоне поглощения (питания) грунтовые воды залегают на глубине 15—50 *м* (рис. 56). По мере удаления от гор зеркало грунтовых вод приближается к поверхности земли, нередко образуя заболоченные участки (сазы) и многочисленные источники. Местами группы источников, собираясь, дают начало речкам карасу с расходами в несколько сот литров в секунду. В целом глубина залегания грунтовых вод на большей части предгорной равнины не превышает 5 *м*. Грунтовые воды относятся

к пресным с плотным остатком менее 1 *г/л*. Состав преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый.

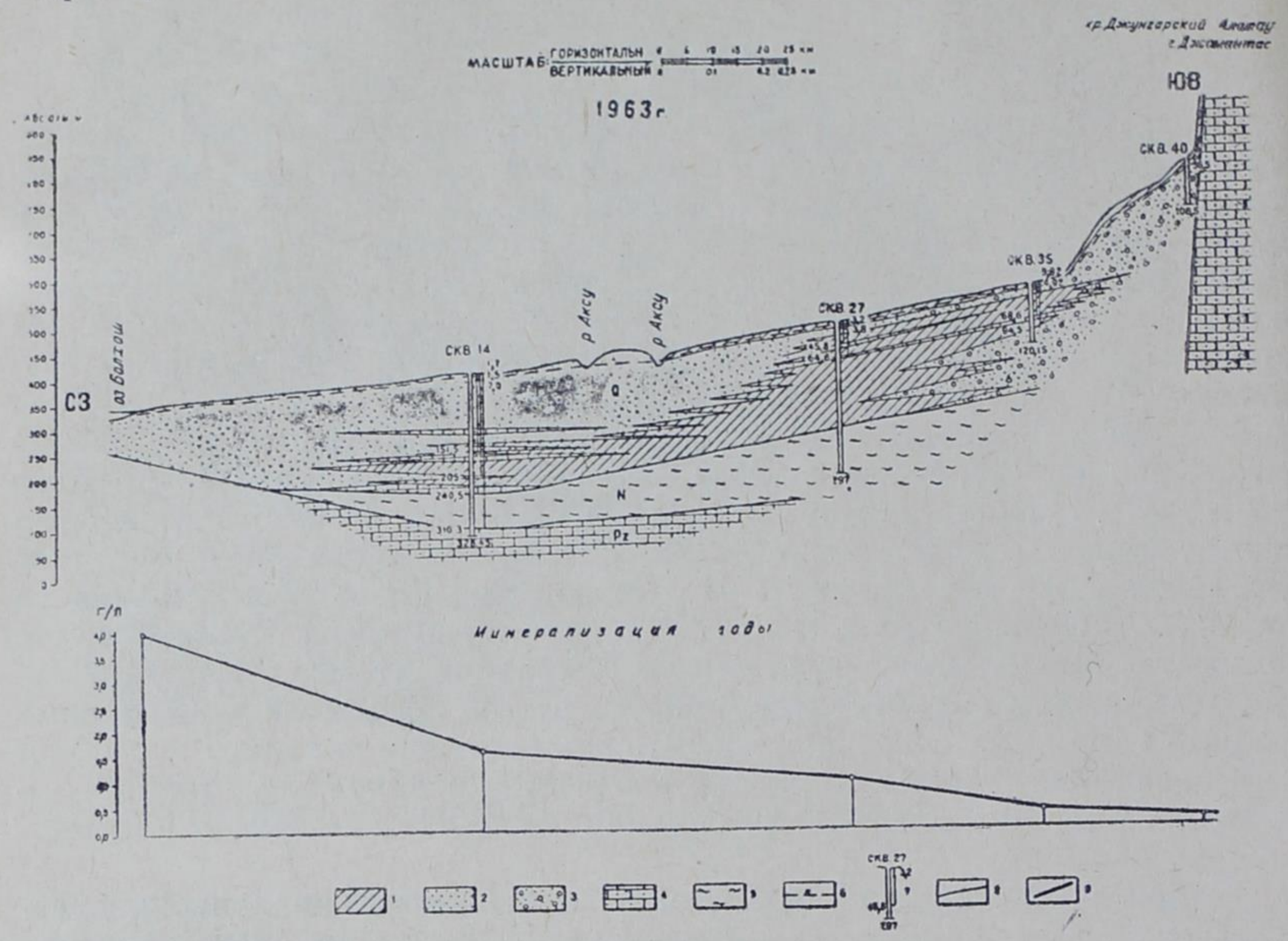


Рис. 56. Гидрогеологический разрез по линии Джунгарский Алатау — оз. Балхаш. Составили У. М. Ахмедсафин и М. Х. Джабасов.

1—суглинки; *2*—пески; *3*—валунно-галечники; *4*—песчаники; *5*—глины; *6*—уровень грунтовых вод; *7*—скважины (цифры: вверху — номер выработки, внизу — глубина выработки, *м*; слева — глубина появления воды, *м*, справа— глубина установления воды, *м*); *8*—границы между литолого-стратиграфическими горизонтами; *9*— зона тектонического нарушения.

Формулы характерных химических анализов подземных вод в поселке Коктак (родник — 0,24 *г/л*) и в поселке Андреевка (скважина — 0,43 *г/л*) следующие:

$$M_{(0,24-0,43)}\ \frac{C^{44}_{0,22}\,S^{4,3}_{0,017}\,Cl^{1,7}_{0,005} - C^{33,1}_{0,29}\,S^{13,1}_{0,093}\,Cl^{3,8}_{0,02}}{Ca^{35,5}_{0,06}\,Mg^{12,1}_{0,01}\,Na^{2,4}_{0,01} - Ca^{23,5}_{0,07}\,Mg^{11}_{0,02}\,Na^{15,5}_{0,054}}.$$

Только в западной части равнины встречаются воды гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевого состава. Производительность водоносных комплексов (особенно галечниковых) достигает 432—4320 *м³/сутки* (5—50 *л/сек*). Однако мелкие колодцы — копани, опущенные только в верхнюю песчаную часть горизонта, чаще всего показывают дебиты от 8 до 86 *м³/сутки* (0,1—1 *л/сек*).

Прогнозные многолетние ресурсы грунтовых вод равнины, занимающей площадь около 5000 *км²*, при мощности водоносного горизонта (или горизонтов) 30 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,16 составляют 24 млрд. *м³*, или около 4,8 млн. *м³* на 1 *км²*. Непрерывная сработка только половины этих запасов в течение 100 лет дает расход грунтовых вод, равный 4 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации — 8 *м³/сек*). При 80-процентной сработке запасов расход составит около 6,4 (12,8) *м³/сек*. Допуская (как и в предгорной равнине Киргизского Алатау), что на

1 *пог. км* водоносного горизонта с гор и поверхностного стока поступает около 150 *л* воды ежесекундно, возобновляемые запасы на протяжении 225 *км* составят 34 $м^3/сек$, или 1,05 млрд. $м^3$ в год. Примерно половина их пойдет, по-видимому, на пополнение запасов грунтовых вод, тогда общие многолетние и возобновляемые запасы последних будут варьировать от 21 (42) до 23 (46) $м^3/сек$. Расходные модули соответственно возрастут от 4,2 (8,4) до 4,7 (9,4) *л/сек* с 1 $км^2$.

Предгорная равнина северо-восточного склона Чу-Илийских гор

Предгорная равнина северо-восточного склона Чу-Илийских гор занимает предпесчаную зону Сартаукум. Она неширокой (15—20 *км*) полосой простирается от р. Курты до оз. Балхаш. С поверхности равнина сложена пролювиальными отложениями (местами вперемежку с аллювием временных саевых потоков), представленными суглинками, глинистыми песками с незначительными прослойками гравия, перемешанного с дресвой. Общая мощность пролювия 15—60 *м*. Пролювиальные отложения к югу сменяются палеогеновыми и неогеновыми песчано-глинистыми с маломощными прослойками гравия. С пролювиальными четвертичными и третичными песчаными и гравийно-галечниковыми отложениями связаны грунтовые воды, формирующиеся за счет подземного стока со стороны коренных пород Чуль-Адырских гор и фильтрации паводковых вод, образующихся весною в крупных логах. Направление движения грунтовых вод С—СВ. Глубина залегания их чаще колеблется от 15 до 50 *м*, минерализация в большинстве случаев 0,7—3 *г/л*. Состав воды сульфатно-хлоридно-натриевый. Химический анализ по скважине № 210, расположенной на предгорной равнине у северо-восточных склонов Чуль-Адырских гор, в 95 *км* на юго-запад от пос. Баканас такой:

$$M_{3,13}\,\frac{S^{32}_{1,418}\,Cl^{16,5}_{0,564}\,C^{1,5}_{0,165}}{Na^{27}_{0,603}\,Ca^{14}_{0,272}\,Mg^{9}_{0,105}}.$$

Как показали исследования О. А. Архангельской в 1959 г., производительность водоносных горизонтов в скважинах в зависимости от литологического состава пород и величины понижения (от 1 до 10 *м*), изменяется от 8 до 258 $м^3/сутки$ (0,1—3 *л/сек*).

Грунтовые воды предгорной равнины, хотя, возможно, и не имеют сплошного распространения, но тем не менее, обладая небольшой минерализацией и значительной производительностью, могут служить важным источником водоснабжения населенных пунктов и особенно обводнений пастбищ, расположенных на Базойской равнине. Они могут эксплуатироваться скважинами глубиной 20—50 *м*.

Бугристо-грядовые песчаные равнины Южного Прибалхашья

Данный подрайон занимает обширную зону, площадью около 70 000 $км^2$, простирающуюся вдоль оз. Балхаш от Чу-Илийских до Арганатинских гор. Здесь располагаются песчаные массивы Сартаукум, Джуанкум, Сары-Ишик-Отрау, Джаманджал, Джалтырджен, Аралкум, представляющие древнеаллювиальные равнины, сформировавшиеся в четвертичное время в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности водных потоков и ветровой эрозии. С тремя основными

эрозионно-аккумулятивными циклами связано наличие трех обширных поверхностей (рис. 57), сложенных преимущественно аллювиально-озерно-эоловыми мелкозернистыми песками. Вскрытая мощность их в поселках Аккуль и Баканас достигает 200—250 *м*.

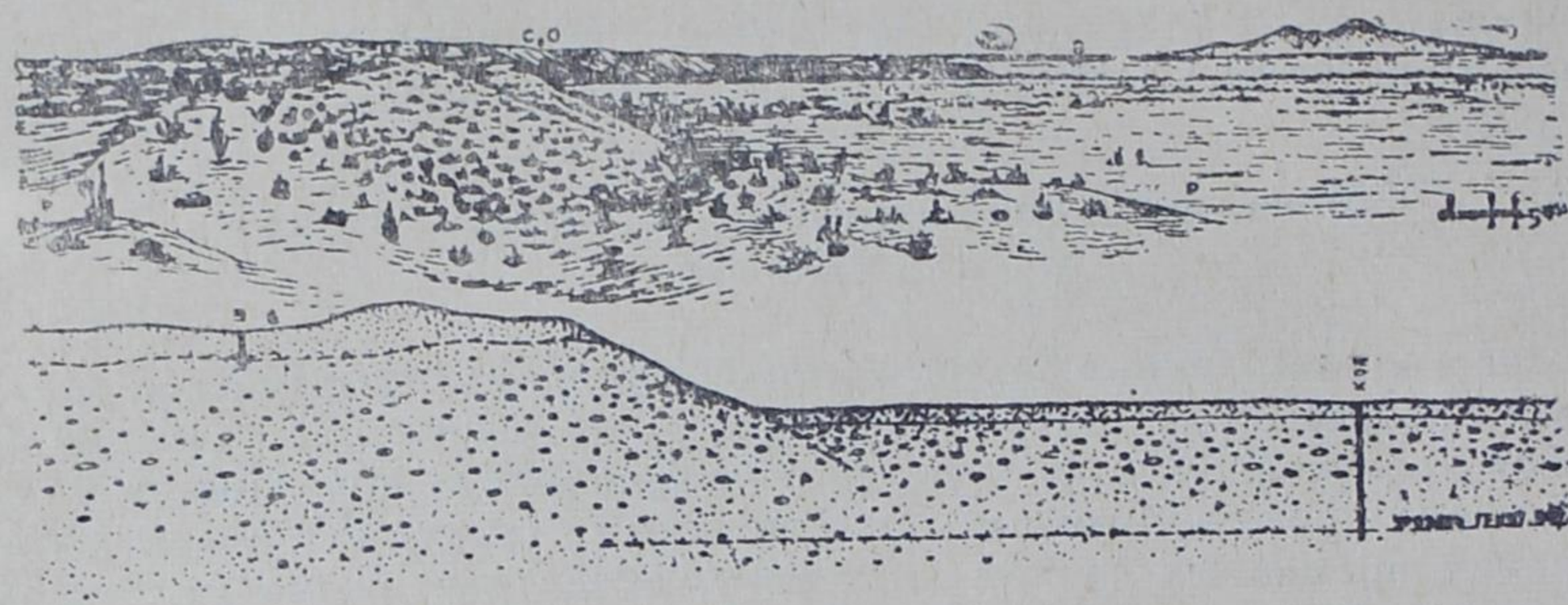


Рис. 57. Рельеф песков Южного Прибалхашья в районе колодца Чукгут. На переднем плане схематический геологический разрез. *Р* — равнинная терраса; *С-О* — Сары-Ишик-Отрауская терраса; *В* — верхняя терраса.

Из других отложений, имеющих подчиненное значение, можно отметить супеси, суглинки, глины, местами (особенно в массивах Джуанкум и Таукум) — гравийные крупнозернистые пески, чаще всего залегающие в виде линз и пропластков незначительной мощности. Древнеаллювиальные террасовые поверхности (за исключением равнинной баканасской) покрыты эоловыми мелкозернистыми песками, имеющими среднебугристо-грядовый и крупнобугристо-грядовый рельеф (рис. 58). Современные долины рек сложены в основном разнозернистыми, местами гравийными песками с покровом суглинков и супесей. Прибрежная полоса оз. Балхаш представлена переслаивающимися глинами и песками.

Рис. 58. Вид у колодца Джиланды.

Основные гидрогеологические закономерности условий формирования грунтовых вод песков Южного Прибалхашья в течение нескольких лет (1944—1946) изучались отделом гидрогеологии ИГН АН КазССР, при этом были выявлены огромные водные ресурсы недр (Ахмедсафин, 1951); позднее обширные разведочные работы здесь проводились Казахским гидрогеологическим трестом, которые в основном подтвердили

правильность региональных закономерностей, установленных в 1944—1945 гг.

Согласно данным этих исследований, с песчаными отложениями района связаны мощные грунтовые потоки, постоянно пополняющиеся за счет фильтрации поверхностных вод рек Или, Каратал, Аксу, Лепсы (рис. 59), инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков и подто-

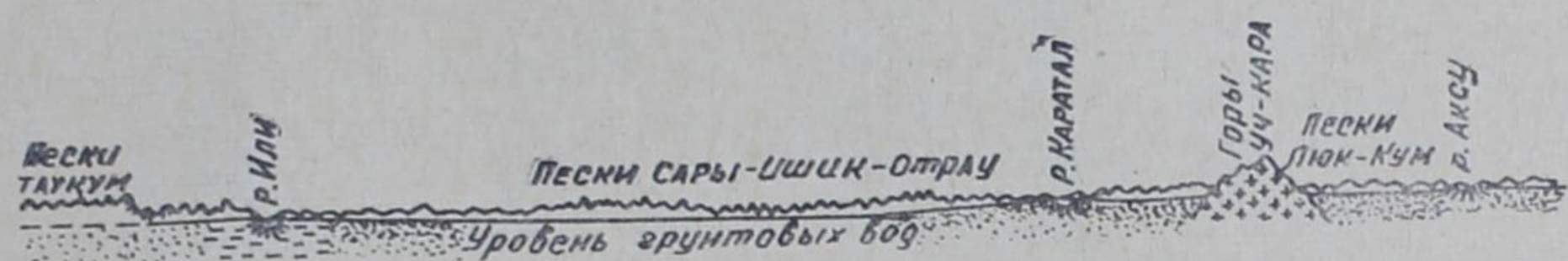


Рис. 59. Схема соотношений между грунтовыми и поверхностными водами в песках Южного Прибалхашья.

ка подземных вод со стороны гор и предгорных равнин. Общее количество воды, поступающее из указанных источников, превышает 60 *м*³/*сек*, или 1,86 млрд. *м*³ в год. На большей части песков Сары-Ишик-Отрау направление движения грунтовых вод близкое к северо-западному (рис. 60), уклоны изменяются от 0,0008—0,0006 на юге до 0,0002 на

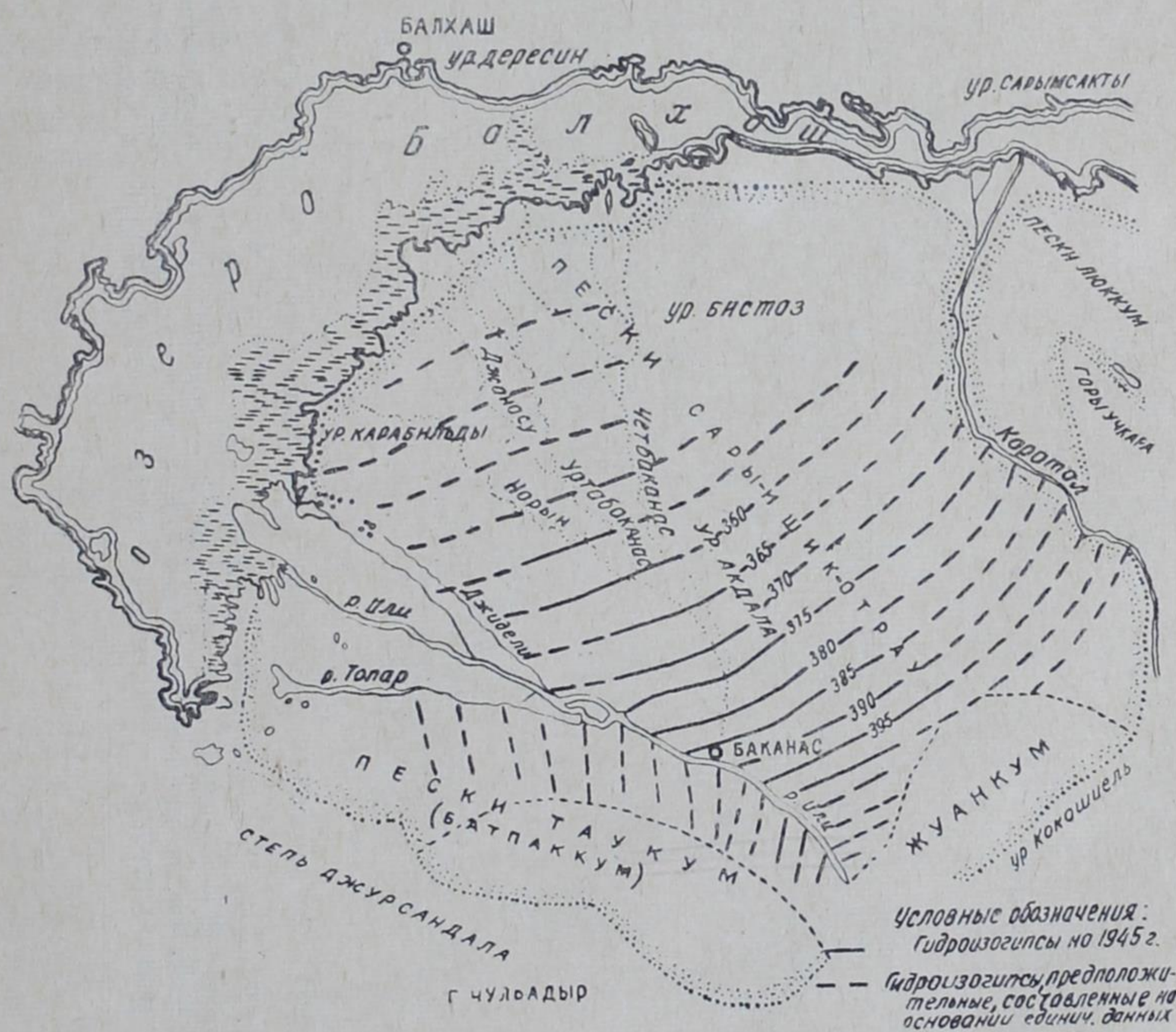


Рис. 60. Схематическая карта гидроизогипс Прибалхашских песков Сары-Ишик-Отрау. Составил У. М. Ахмедсафин.

северо-западе. Мощность водоносного горизонта, состоящего из песков с редкими маломощными линзами и пропластками супесей, суглинков,

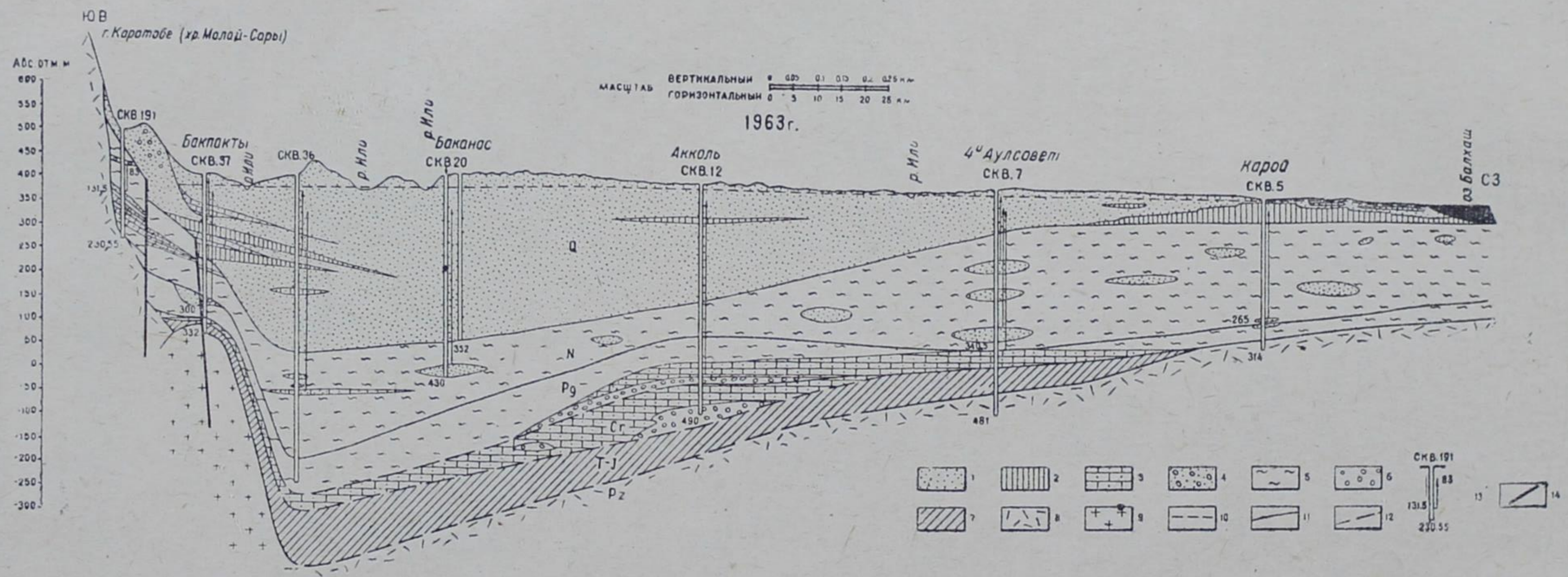


Рис. 61. Гидрогеологический разрез песков Сары-Ишик-Отрау от Малай-Сары до оз. Балхаш. Составили У. М. Ахмедсафин и М. Х. Джабасов.

1 — пески; *2* — глины; *3* — песчаники; *4* — галечники; *5* — глины; *6* — конгломераты; *7* — кора выветривания; *8* — эффузивы; *9* — гранитоиды; *10* — уровень грунтовых вод; *11* — границы между возрастно-литологическими разностями пород по данным бурения; *12* — то же, по данным геофизики; *13* — скважины (цифры: вверху — номер скважины, слева — глубина появления воды, *м*, справа — глубина установления воды, *м*, внизу — глубина выработки, *м*); *14* — зоны тектонических нарушений.

глин, вблизи поселков Аккуль и Баканас достигает 200—240 *м* (рис. 61). На левом берегу р. Каратал, на водоразделе рек Каратал, Аксу и Лепсы мощность горизонта тоже превышает 100 *м*, а в направлении оз. Балхаш она постепенно уменьшается.

Водопроводимость песков колеблется от 4,8 до 30 $м^3/сутки$, удельная водоотдача изменяется от 0,12 для глинистых до 0,15—0,18 для мелкозернистых и среднезернистых пылеватых песков. Глубина залегания грунтовых вод в межбугристых и межгрядовых понижениях крайней восточной части песков не превышает 5 *м*, а на буграх и грядах — 10—15 *м*. На глубине до 5 *м* они залегают и в современных долинах рек и на побережье оз. Балхаш. На баканасской равнинной террасе, в межгрядовых понижениях песков Сары-Ишик-Отрау и на некоторых других участках преобладают глубины от 5—10 *м*, а на грядах — 10—30 *м*. В крупногрядовых песках Сартаукум и Джуанкум, на правобережье р. Каратал воды опускаются от 30—80 *м* в понижениях до 100—130 *м* на грядах и буграх.

Качество грунтовых вод Южного Прибалхашья изменяется от пресных до соленых, но преобладают пресные и слабосолоноватые. В южных частях песчаных массивов, где выпадает и просачивается наибольшее количество атмосферных осадков, и на участках, прилегающих к речным долинам, в результате усиленной фильтрации речных вод повсеместно наблюдаются пресные грунтовые воды с сухим остатком менее 1 *г/л*. В местах влияния фильтрации воды из рек преобладают гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые воды.

Формулы характерных химических анализов грунтовых вод в колодцах поселков Бахпакты (0,42 *г/л*), Баканас (0,49 *г/л*) и в скважине, заложенной в 30 *км* западнее р. Каратал (0,54 *г/л*), следующие:

$$M_{(0,42-0,49-0,54)} \frac{C_{0,22}^{31,4} S_{0,055}^{10,1} Cl_{0,034}^{8,5} - C_{0,24}^{28,8} S_{0,09}^{13,4} Cl_{0,04}^{7,8} -}{Ca_{0,08}^{35,4} Mg_{0,003}^{2,2} Na_{0,032}^{12,4} - Ca_{0,07}^{26,3} Mg_{0,03}^{16,2} Na_{0,022}^{7,5} -}$$

$$\frac{- C_{0,21}^{23,3} S_{0,15}^{21} Cl_{0,03}^{5,7}}{- Na_{0,097}^{29} Ca_{0,03}^{11} Mg_{0,02}^{10}}.$$

Изменение химического состава грунтовых вод в треугольнике старых русел Баканас, где довольно четко сказывается влияние фильтрационного потока из р. Или, приведено на графике (рис. 62). На

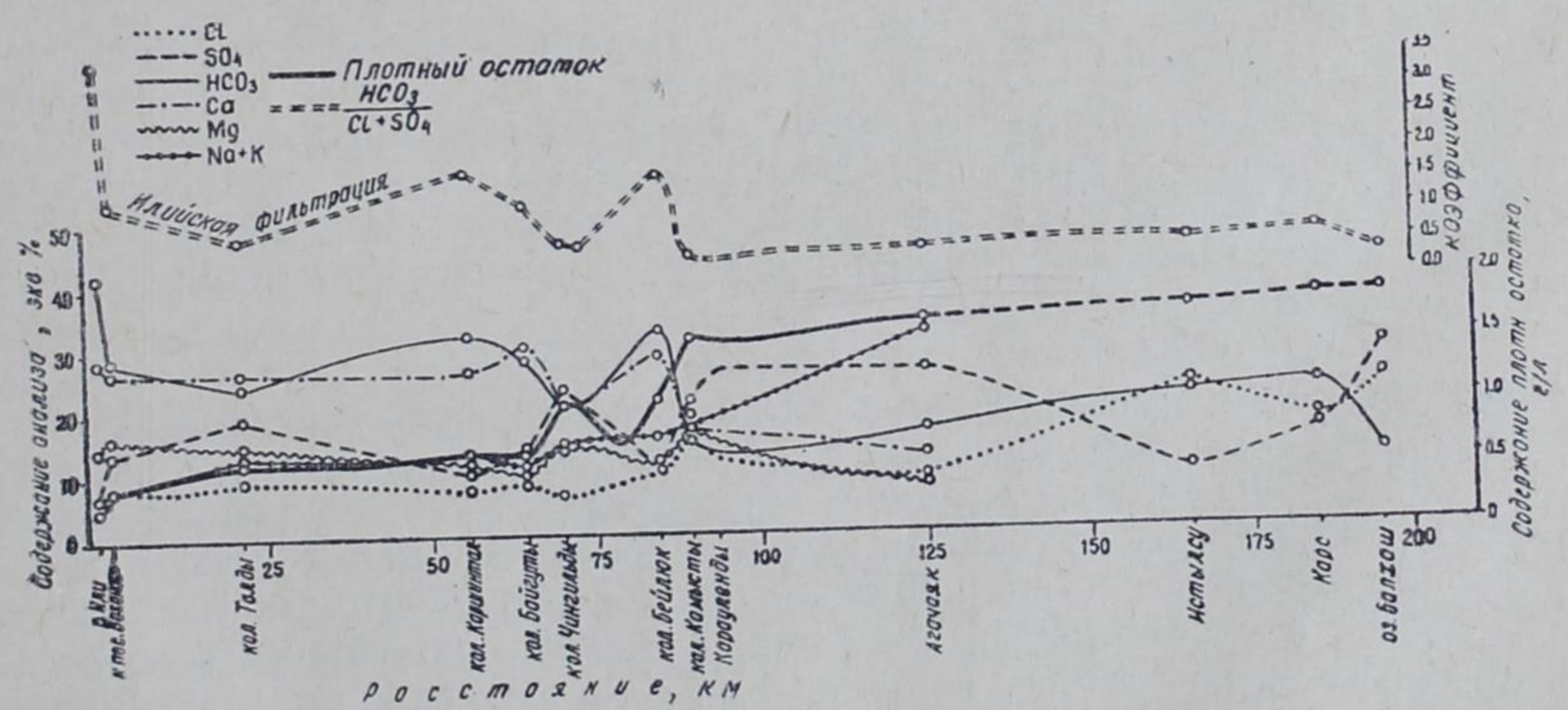


Рис. 62. Изменение химического состава грунтовых вод песков Южного Прибалхашья (по линии пос. Баканас — оз. Балхаш).

водораздельных пространствах южной части Сары-Ишик-Отрау химический состав воды колеблется от гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого до сульфатно-натриевого, причем преобладает сульфатно-натриевый.

Химический состав воды в скважинах № 495 (0,69 *г/л*) и № 555 (0,95 *г/л*), расположенных в южной части песков Сары-Ишик-Отрау, следующий:

$$M_{(0,69-0,95)}\ \frac{S^{24,4}_{0,19}\,C^{17,3}_{0,18}\,Cl^{8,3}_{0,055} - S^{31,3}_{0,43}\,Cl^{9,9}_{0,10}\,C^{8,8}_{0,15}}{Na^{32,3}_{0,122}\,Mg^{9,8}_{0,02}\,Ca^{7,9}_{0,027} - Na^{20,5}_{0,145}\,Mg^{17,2}_{0,06}\,Ca^{12,3}_{0,07}}.$$

На водораздельных пространствах, далеко расположенных от рек, по мере удаления от возвышенных районов песков на север и приближения к оз. Балхаш, в результате испарительной концентрации и выщелачивания солей из пород, минерализация грунтовых вод постепенно увеличивается от 1—3 до 10—50 *г/л* у берега озера (см. рис. 2). Состав воды в большинстве случаев изменяется от сульфатно-натриевого через сульфатно-хлоридно-натриевый до хлоридно-натриевого.

Характерные химические анализы грунтовых вод по скважинам № 94 (1,3 *г/л*) и № 154 (14,3 *г/л*), расположенным в центральной и северной частях песков Сары-Ишик-Отрау, приведен ниже:

$$M_{(1,3-14,3)}\ \frac{S^{24}_{0,42}\,C^{15}_{0,34}\,Cl^{11}_{0,13} - Cl^{26,7}_{4,6}\,S^{14,3}_{3,35}\,C^{9}_{2,66}}{Na^{38}_{0,34}\,Mg^{7,5}_{0,04}\,Ca^{4,5}_{0,03} - Na^{30,8}_{2,89}\,Mg^{15,4}_{0,76}\,Ca^{3,8}_{0,03}}.$$

Об изменении минерализации грунтовых вод песков с глубиной имеются лишь отдельные сведения. В крайней восточной части песков пробы воды, взятые из скважин на ст. Матай, показали, что на глубине 2 *м* плотный остаток в воде составляет 0,35 *г/л*, состав гидрокарбонатно-кальциевый. На глубине 151 *м* минерализация достигает 0,9 *г/л*, состав сульфатно-натриевый. Исключительно слабая минерализация воды в самой верхней части водоносного горизонта объясняется, по-видимому, влиянием фильтрации вод из р. Аксу, на берегу которой расположена указанная скважина.

Химические анализы воды из скважины № 87, расположенной недалеко от р. Каратал, дали следующие результаты: на глубине 4,1 *м* плотный остаток в воде составил 2,89 *г/л*, состав сульфатно-хлоридно-натриевый, а на глубине 43 *м* плотный остаток равнялся 0,39 *г/л*, при этом состав изменился на гидрокарбонатно-сульфатный. В данном случае большую минерализацию воды в верхней части горизоната можно объяснить влиянием испарительной концентрации солей в воде. В песках Сары-Ишик-Отрау (в 38 *км* СВ пос. Баканас), где обычная минерализация грунтовых вод колеблется в пределах 0,8—1,0 *г/л*, в скважине на глубине 90 *м* плотный остаток составил 0,71 *г/л*. Состав сульфатно-натриевый.

Судя по приведенным отрывочным сведениям, грунтовые воды песков Южного Прибалхашья в нижних частях водоносного горизонта имеют несколько меньшую минерализацию, чем в верхних его частях, так как не подвержены влиянию испарительного засоления. В современных долинах рек грунтовые воды в основном пресные, гидрокарбонатно-кальциевого состава. Производительность грунтовых вод песков колеблется в значительных пределах. Колодцы, опущенные в водоносные горизонты на глубину не более 1 *м*, дают расходы, варьирующие от 8,6 до 43—86 $м^3$/*сутки* (от 0,1 до 0,5—1 *л/сек*). В скважинах при понижении уровня воды от 2 до 14 *м* были получены соответственно дебиты

172—430 *м³/сутки* (2—5 *л/сек*). При больших понижениях уровня расходы скважин увеличатся в несколько раз. В целом по району с увеличением содержания в песках глинистых частиц происходит уменьшение производительности горизонтов с юго-востока на северо-запад, т. е. в сторону оз. Балхаш.

Грунтовые воды современных долин, сложенных преимущественно разнозернистыми песками, отличаются несколько более повышенной производительностью. Пески Южного Прибалхашья, как и Муюнкумы, являются своего рода уникальным гигантским бассейном грунтовых вод, заключающим примерно 730 млрд. *м³* запасов, распределенных на площади около 64 000 *км²*. Из этого количества ресурсов 455 млрд. *м³* относятся к пресным, 160 млрд. *м³* — к слабосолоноватым, 75 млрд. *м³* — к солоноватым и 40 млрд. *м³* — к слабосоленым и соленым. На каждый квадратный километр площади приходится в среднем около 11 млн. *м³* запасов.

Многолетние запасы по территории песков распределяются примерно в следующем порядке: в песках Таукум и Джуанкум площадью 12 600 *км²* при средней мощности водоносного горизонта около 40 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 заключено 76 млрд. *м³*, или более 6 млн. *м³* на 1 *км²*; в песках Сары-Ишик-Отрау (западнее р. Каратал) площадью 34 000 *км²* при средней мощности водоносного горизонта 110 *м* (местами 200—250 *м*) и средней величине коэффициента водоотдачи 0,15 сосредоточено около 561 млрд. *м³*, или 16 млн. *м³* на 1 *км²*. Наконец, восточнее р. Каратал на площади около 18 000 *км²* при средней мощности горизонта около 35 *м* (по последним данным разведки, мощность водоносного горизонта превышает 100 *м*) и величине коэффициента водоотдачи 0,15 содержится 94 млрд. *м³*, или около 5 млн. *м³* на 1 *км²* площади.

Вековые и многолетние ресурсы грунтовых вод ежегодно пополняются (примерно 1,8 млрд. *м³*) за счет фильтрации вод из рек, атмосферных осадков и подземного стока с горных районов. При непрерывном и повсеместном использовании в течение 100 лет только половины вековых запасов грунтовых вод представляется возможным ежесекундно извлекать более 118 *м³* воды (при нормальном использовании только в дневные часы и вегетационные периоды водозабор можно довести до 236 *м³/сек*). Расходные модули при этом соответственно будут составлять 2 (4) *л/сек* с 1 *км²*. Эксплуатация 80% вековых запасов позволит увеличить расход грунтовых вод до 189 *м³/сек* (при нормальном использовании — до 378 *м³/сек*). Расходные модули будут равны 3 (6) *л/сек* с 1 *км²*. Ежегодно возобновляемые запасы вод составляют около 60 *м³/сек*. Следовательно, все прогнозные ресурсы при 50- и 80-процентной эксплуатации, включая возобновляемые, будут варьировать в пределах 178 (356) — 249 (498) *м³/сек*, а расходные модули — от 2,8 (5,6) до 3,9 (7,8) *л/сек* с 1 *км²*. Учитывая, что производительность скважин при понижении уровня всего на 2—14 *м* была установлена равной 2 — 5 *л/сек*, приведенные расходные модули запасов нельзя считать завышенными.

Огромные ресурсы грунтовых вод песков Южного Прибалхашья могут широко использоваться для обводнения пастбищ, хозяйственного водоснабжения и оазисного орошения на больших земельных массивах.

Для водопоя скота, мелкого водоснабжения грунтовые воды на большей части песков могут эксплуатироваться шахтными, мелкими трубчатыми колодцами, закладываемыми в межбугристых понижениях на глубину от 8—10 до 15—20 *м*. Для оазисного орошения должны сооружаться высокодебитные, преимущественно трубчатые колодцы, опускаемые в водоносные горизонты не менее чем на 30—50 *м*, оборудо-

ванные гравийными фильтрами. При значительных понижениях они могут давать 430—1360 *м³/сутки* (5—15 *л/сек*). В местах глубокого залегания (Сартаукум, Джуанкум, на правобережье Каратала) грунтовые воды должны эксплуатироваться в основном скважинами глубиной от 30—50 до 100—150 *м*.

Артезианские воды

Наряду с исключительно широким распространением в районе грунтовых вод, согласно схематической карте прогноза артезианских бассейнов (Ахмедсафин, 1961), в предгорной равнине Джунгарского Алатау и в обширных песчаных массивах Южного Прибалхашья развиты напорные подземные воды.

В предгорной равнине Джунгарского Алатау высоконапорные артезианские воды связаны с гравийно-галечниковыми отложениями конусов выноса, которые в пределах пролювиальной равнины сменяются гравийно-песчаными отложениями, переслаивающимися с суглинками и глинами. Мощность галечников и песков, содержащих напорную воду, точно не установлена, но, судя по геологическому строению, она достигает, по-видимому, не менее 100—300 *м*. Напорные воды равнины исключительно пресные, гидрокарбонатно-кальциевого состава.

Химический состав воды (0,23 *г/л*) вблизи поселка Каргалы таков:

$$M_{0,23}\,\frac{C_{0,16}^{43}\,S_{0,013}^{4}\,Cl_{0,007}^{3}}{Ca_{0,04}^{33}\,Mg_{0,009}^{12}\,Na_{0,002}^{5}}.$$

Производительность водоносного горизонта варьирует в пределах 250—4300 *м³/сутки* (3—50 *л/сек*) при самоизливе. Многолетние ресурсы артезианских вод равнины, имеющей площадь 5000 *км²*, при средней мощности водоносных пород 200 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,18 составят 180 млрд. *м³*, или 36 млн. *м³* на 1 *км²*.

Если только эксплуатировать половину указанных запасов в течение 100 лет, то представится возможным ежесекундно извлекать около 30 *м³* (при нормальном использовании — 60 *м³/сек*).

Расходные модули составят при этом 6(12) *л/сек* с 1 *км²*. При 80-процентной сработке многолетних запасов извлечение подземных вод может быть доведено до 48 (96) *м³/сек*, а расходные модули — соответственно до 10(20) *л/сек* с 1 *км²*. В целом прогнозные многолетние запасы при 50- и 80-процентной эксплуатации вместе с возобновляемыми (17 *м³/сек*) будут изменяться от 47 (94) до 65 (130) *м³/сек*, расходные модули — соответственно 9,4 (18,8)—13 (26) *л/сек* с 1 *км²*. Артезианские воды могут быть широко использованы для водоснабжения и орошения полей с помощью скважин глубиною от 80 до 250 *м*.

В песках Южного Прибалхашья и смежной с ними предгорной равнине Чу-Илийских гор ниже горизонта грунтовых вод под водоупорными неогеновыми породами залегают напорные, местами, возможно, и самоизливающиеся воды, связанные с эоценовыми песчаными, конгломератовыми горизонтами, спорадически развитыми среди глинистых и аргиллитовых комплексов пород. В предгорной равнине Чу-Илийских гор напорные воды вскрываются на глубине от 40—50 до 150 *м*, а в пределах Сары-Ишик-Отрау глубина их залегания предположительно достигает 200—400 *м*.

Судя по данным анализов, сделанных для вод Базойской равнины О. А. Архангельской в 1959 г., напорные воды в большинстве случаев относятся к пресным и слабосолоноватым, с плотным остатком 1—3 *г/л*. Состав воды сульфатно натриевый и сульфатно-хлоридно-натриевый.

Производительность горизонтов в скважинах чаще всего варьирует от 43 до 430 *м³/сутки* (0,5—5 *л/сек*).

Если допустить не сплошное, а спорадическое распространение напорных вод только на $^2/_3$ площади (44 000 *км²*) и принять среднюю мощность водоносного горизонта в 15 *м* и водоотдачу в 0,12, то вековые ресурсы их будут равны 80 млрд. *м³*, или 1,2 млн. *м³* на 1 *км²*. В случае использования только 50% этих запасов в течение 100 лет эксплуатационные ресурсы составят около 13 *м³/сек* (при нормальном извлечении они могут быть доведены до 26 *м³/сек*). Расходные модули будут равны 0,2 (0,4) *л/сек* с 1 *км²*.

Напорные воды Южного Прибалхашья могут быть использованы главным образом для обводнения пастбищ с помощью скважин глубиной 100—400 *м*.

* * *

Таким образом, все учтенные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод гидрогеологического района Южного Прибалхашья, включая и возобновляемые, определяются в следующих размерах.

Ресурсы грунтовых вод на площади в 69 000 *км²* при 50-процентной и непрерывной сработке многолетних —200 *м³/сек* (при нормальном извлечении в вегетационные периоды и в дневные часы для водоснабжения эксплуатационный расход можно увеличить до 400 *м³/сек*). Расходные модули при этом будут равны 2,9 (5,8) *л/сек* с 1 *км²*. При 80-процентной сработке ресурсы соответственно возрастут до 272 (544) *м³/сек*, а модули расходования — до 3,9 (7,8) *л/сек* с 1 *км²*. В целом расходные модули близко сходятся с дебитами скважин.

Эксплуатационные запасы субартезианских вод Сары-Ишик-Отрау на площади 44 000 *км²* при 50-процентном и повсеместном использовании будут составлять 13 (26) *м³/сек* и расходные модули — 0,2 (0,4) *л/сек* с 1 *км²*.

Прогнозные эксплуатационные запасы артезианских вод предгорной равнины Джунгарского Алатау (площадью 5000 *км²*) при 50- и 80-процентной сработке вековых ресурсов и с учетом возобновляемых составляют соответственно 47 (94) и 65 (130) *м³/сек*, расходные модули — 9,4 (18,8) и 13 (26) *л/сек* с 1 *км²*.

Изложенное показывает, что Южно-Прибалхашский гидрогеологический район имеет огромные ресурсы пресных и слабосолоноватых грунтовых вод, которые при соответствующих технико-экономических условиях позволят вынести на поверхность земли до 524—700 *м³* воды в секунду, что почти в 1,5 раза превышает среднемесячный расход р. Или. Благодаря повсеместному распространению они могут быть извлечены почти из любой точки площади и широко использоваться при освоении пустынных и полупустынных территорий Семиреченского края.

XVIII. ЧУ-ТАЛАССКИЕ ПРЕДГОРНЫЕ И БУГРИСТО-ГРЯДОВЫЕ РАВНИНЫ

У. М. АХМЕДСАФИН

Указанный гидрогеологический район занимает обширную, вытянутую в субширотном направлении межгорную равнину, обрамленную с юга Киргизским Алатау, с юго-запада хребтом Каратау и с северо-вос-

тока отрогами Чу-Илийских гор. На севере она вплотную подходит к плато Бетпак-Дала, оставаясь открытой только в СЗ направлении в сторону Сыр-Дарьинской впадины. Наиболее крупными водными артериями являются здесь р. Чу (средний расход 54 *м*³/*сек*), ограничивающая район с востока и севера, и р. Талас (средний расход 27 *м*³/*сек*), протекающая по юго-западной кромке песков Муюнкум. В предгорьях Киргизского Алатау и Каратау имеются многочисленные, но относительно небольшие реки, которые по выходе из горных ущелий быстро теряются в пределах конусов выноса. Район отличается резко выраженным континентальным климатом, что в значительной мере обусловлено наличием обширной песчаной пустыни Муюнкум. Осадки выпадают главным образом в зимнее и весеннее время. Среднегодовое количество их изменяется от 260—320 *мм* в наиболее возвышенных предгорных частях до 140—160 *мм* в северных и западных наиболее пониженных пустынных местах района.

В геологическом отношении район представляет аллювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины, сложенные в основном четвертичными рыхлообломочными отложениями различного генетического типа. Мощность их колеблется от нескольких метров на западе и северо-западе до 300 *м* и более в центральной и юго-западной частях района. Указанные отложения почти повсеместно подстилаются слабоуплотненным глинистым комплексом красноцветных третичных пород.

По устройству поверхности и геологическому строению на рассматриваемой территории можно выделить покатые предгорные равнины: 1) Киргизского Алатау, 2) Каратау, 3) Чу-Илийских гор и 4) бугристо-грядовую песчаную равнину Муюнкум. Указанные морфологические элементы характеризуют определенные природно-гидрогеологические условия и условия формирования подземных вод.

Покатая предгорная равнина Киргизского Алатау

Покатая предгорная равнина Киргизского Алатау, вытянутая вдоль хребта шириной от 30 *км* на западе до 90 *км* на востоке, у подножия гор (в пределах конусов выноса) сложена валунно-галечниковыми отложениями большой мощности. По мере удаления на север, в глубь пролювиальной равнины, галечники постепенно сменяются гравийно-песчаными и песчаными отложениями, переслаивающимися с супесями, суглинками и глинами.

Наличие крупнопористых рыхлообломочных отложений, мощность которых с 300 *м* на юге уменьшается до нескольких десятков метров на севере равнины, многочисленных горных рек, которые по выходе на равнину до 30—50% расходов теряют на просачивание, обусловливает формирование в предгорной равнине Киргизского Алатау, а также в сходной по природным условиям смежной равнине Таласского Алатау мощных подземных потоков, направленных на север в сторону песчаного массива Муюнкум.

В пределах циркуляции подземных потоков выделяется несколько гидродинамических зон. В районе развития валунно-галечниковых конусов выноса располагается зона питания (погружения) с глубиной залегания грунтовых вод, варьирующей от 5—10 до 50—100 *м*. Здесь залегают высокопроизводительные ультрапресные воды гидрокарбонатно-кальциевого состава.

Севернее, в полосе перехода конуса выноса в пролювиальную равнину, первая зона сменяется узкой (3—8 *км*) зоной выклинивания, сложенной гравийно-галечниковыми и гравийно-песчаными отложениями.

Грунтовые воды залегают очень близко или же подходят к поверхности земли, образуя заболоченные участки, источники, речки карасу.

Особенно интенсивно выклиниваются грунтовые воды в восточной части зоны. Суммарный дебит источников, образующих речки карасу от поселка Челдовар до Фрунзе, составляет 10—12 *м³/сек*. Воды описываемой зоны относятся к пресным (сухой остаток 0,3—0,5 *г/л*). Состав гидрокарбонатно-кальциевый.

Формулы характерных химических анализов воды зоны выклинивания в поселках Челдовар (0,26 *г/л*) и Мерке (0,59 *г/л*) следующие:

$$M_{(0,26-0,59)} \frac{C^{39,6}_{0,12}\ S^{6,6}_{0,028}\ Cl^{3,8}_{0,02} - C^{29,2}_{0,26}\ S^{15,7}_{0,14}\ Cl^{5,1}_{0,04}}{Ca^{35,5}_{0,063}\ Mg^{7,9}_{0,009}\ Na^{6,6}_{0,014} - Ca^{28,4}_{0,11}\ Mg^{12,2}_{0,03}\ Na^{9,4}_{0,01}}.$$

В песках и галечниках производительность грунтовых вод в хорошо оборудованных эксплуатационных скважинах колеблется от 260 до 2500 *м³/сутки* (от 3 до 30 *л/сек*). Сезонная величина амплитуды колебаний уровня грунтовых вод 0,5—1,5 *м*. Севернее зоны выклинивания, параллельно Киргизскому хребту, следует зона неглубокого залегания и далее на север — вторичного погружения грунтовых вод. Последние залегают на глубинах от 5—10 до 30 *м* в макропористых лёссовидных суглинках, в супесях, песках и гравийных песках. В южной части они пресные, с плотным остатком не более 0,6—0,8 *г/л*, гидрокарбонатного состава, а в северной встречаются воды от пресных до слабосолоноватых и солоноватых, преимущественно сульфатно-натриевого состава.

Формулы характерных химических анализов воды в поселке Мерке (колодец № 30—0,98 *г/л*) и Карабалтинском районе (колодец № 37—3,0 *г/л*) такие:

$$M_{(0,98-3,0)} \frac{C^{29,5}_{0,44}\ S^{15,3}_{0,18}\ Cl^{5,2}_{0,06} - S^{31,5}_{1,12}\ C^{13}_{0,58}\ Cl^{5,5}_{0,14}}{Na^{20,7}_{0,19}\ Ca^{14,8}_{0,07}\ Mg^{14,5}_{0,04} - Na^{30,2}_{0,72}\ Ca^{18,6}_{0,27}\ Mg^{1,2}_{0,17}}.$$

Производительность водоносного горизонта в зависимости от литологического состава пород колеблется от нескольких до 600 *м³/сутки* (от долей до 7 *л/сек*).

Прогнозные многолетние ресурсы грунтовых вод зоны погружения и выклинивания, имеющей площадь около 3500 *км²*, при мощности водоносного горизонта около 40 *м* и величине водоотдачи 0,18 составляют примерно 25 млрд. *м³*. Ресурсы зоны неглубокого залегания площадью около 3500 *км²* при мощности горизонта около 20 *м* и коэффициенте водоотдачи (супесей, песков и реже гравия) 0,12 равны 8 млрд. *м³*. Таким образом, общих вековых ресурсов грунтовых вод на три зоны приходится приблизительно 33 млрд. *м³*, или 4,7 млн. *м³* на 1 *км²*. Непрерывная сработка только половины этих запасов в течение 100 лет позволяет получить около 5 *м³/сек* (если учесть сезонный характер использования грунтовых вод для целей орошения и обводнения, то водозабор можно довести до 10 *м³/сек*). Если, исходя из данных исследований В. С. Жеваго в Каратау, допустить возможность поступления трещинных подземных вод со стороны Киргизского и Таласского Алатау и фильтрации из рек на 1 *пог. км* водоносного горизонта 150 *л/сек*, то ежесекундно возобновляемые запасы предгорной равнины протяженностью в 250 *км* (вместе с конусом выноса р. Талас) будут равны почти 1,2 млрд. *м³*, или 40 *л/сек*. Согласно балансовым расчетам М. И. Каплинского (1962), эта величина составляет 100 *м³/сек*. Если взять среднюю из двух определений, то возобновляемые запасы подрайона составили бы примерно 70 *м³/сек*, однако в целях осторожности при расчетах брали лишь величину 40 *м³/сек*. Учитывая, что только на небольшом

отрезке восточной половины равнины грунтовые воды с расходом 10—12 *м*³/*сек* выклиниваются, приведенные выше величины нельзя, очевидно, считать завышенными. При этих условиях прогнозные вековые и ежегодно возобновляемые эксплуатационные запасы предгорной равнины, даже с вычетом расходов, идущих на пополнение артезианских вод (20 *м*/*сек*), составят 25 *м*³/*сек* (при сезонном использовании расход можно увеличить до 50 *м*³/*сек*). Средние расходные модули соответственно будут равны 3,5 (7) *л*/*сек* с 1 *км*².

Грунтовые воды предгорной равнины могут быть использованы (особенно в зонах выклинивания и неглубокого залегания) для орошения полей, обводнения и водоснабжения населенных пунктов. Для их эксплуатации в зоне погружения можно заложить скважины глубиной 100—200 *м*, а в последующих зонах — трубчатые и реже шахтные колодцы глубиной от 5—10 до 50—80 *м* и дренажные галереи, расположенные перпендикулярно грунтовому потоку.

Предгорная равнина Каратау

Предгорная равнина Каратау, простирающаяся вдоль хребта Каратау, шириной в 25—30 *км* имеет геологическое строение, сходное с предгорной равниной Киргизского Алатау. Здесь также развиты конусы выноса, сложенные валунно-галечниковыми и гравийно-галечниковыми четвертичными отложениями, которые на периферии сменяются переслаивающимися гравийными песками, супесями и суглинками. Однако мощность указанных отложений ввиду отсутствия значительных транспортирующих водных потоков здесь во много раз меньше, чем в предгорной равнине Киргизского Алатау. Местами, особенно в восточной части равнины, покровные четвертичные отложения исключительно маломощны или совершенно отсутствуют. На таких участках на поверхности обнажаются красноцветные песчано-глинистые или конгломератовые третичные и меловые отложения. Там, где горы сменяются пред-

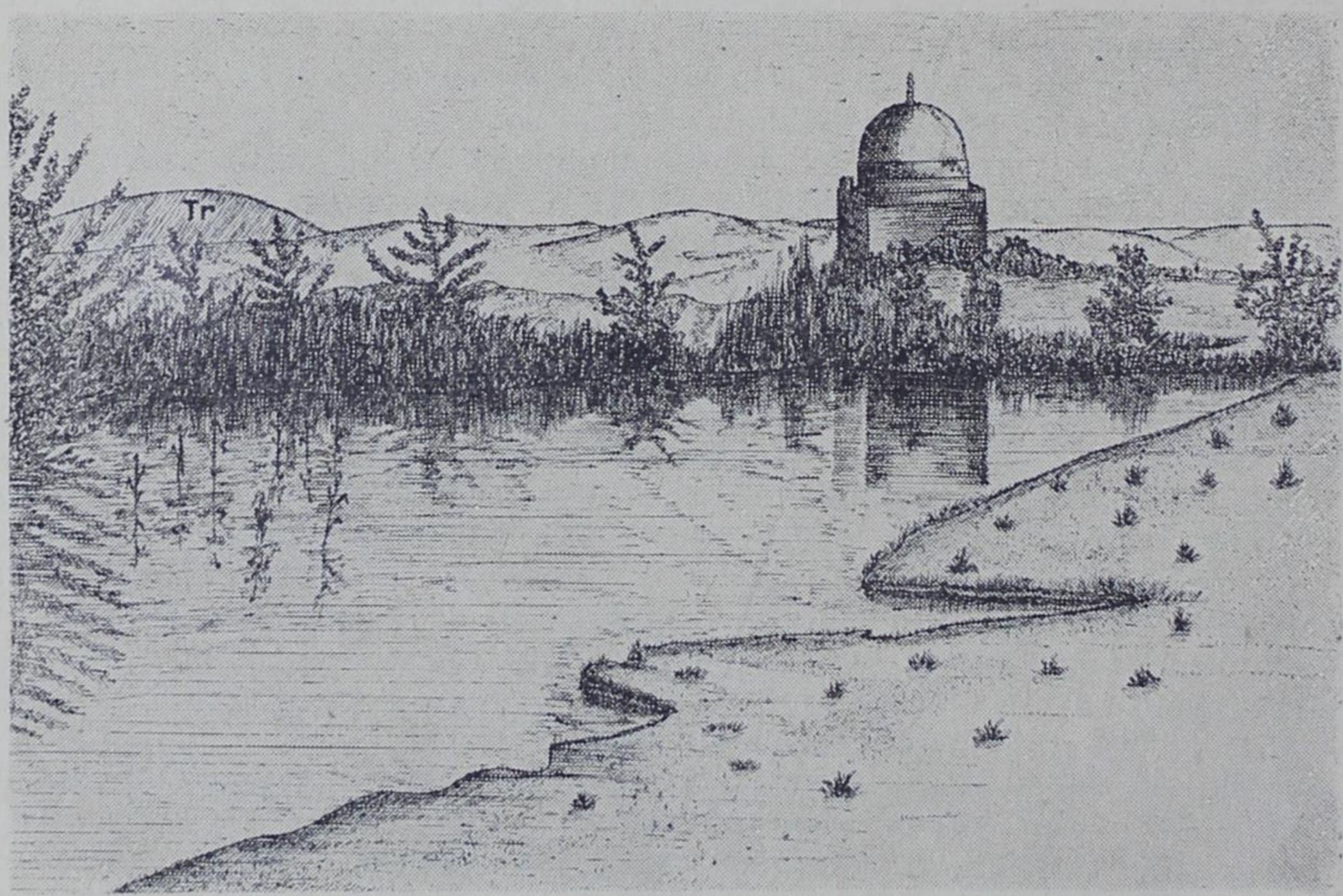


Рис. 63. Родник Аулие в 125 *км* западнее поселка Байкадам.

горной равниной, местами развиты закарстованные известняки, с которыми связаны редкие, но мощные источники (рис. 63).

Наши рекогносцировочные исследования (Ахмедсафин, Давыдов, 1942) показали, что на равнине широко распространены грунтовые воды, имеющие направление, близкое к меридиональному. В меловых и третичных отложениях они залегают в выветрелых конгломератах, песчаниках и глинистых песках. Глубина залегания их в логах и саевых понижениях колеблется от 5 до 7 *м;* воды относятся к пресным и слабосолоноватым, сульфатного и сульфатно-хлоридного состава.

Химический состав воды колодца у поселка Байкадам (1,47 *г/л*) следующий:

$$M_{1,47}\,\frac{S^{24,58}_{0,5}\,Cl^{21}_{0,36}\,C^{4,5}_{0,13}}{Ca^{18,9}_{0,19}\,Mg^{17,1}_{0,2}\,Na^{1+}_{0,13}}.$$

Колодцы, опущенные в третичные отложения, отличаются низкими дебитами.

В пределах развития четвертичных отложений предгорной равнины Каратау грунтовые воды характеризуются зональным распространением. Выделяются зоны питания (погружения) и выклинивания, незаметно сливающиеся с зоной неглубокого залегания. В первой зоне, охватывающей предгорные шлейфы, представленные галечниками, в результате фильтрации поверхностных водотоков и атмосферных осадков формируется грунтовый поток, направленный на север в сторону преобладающих уклонов третичного водоупора. Глубины залегания потока измеряются, по-видимому, десятками метров. Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевого состава, обладают хорошей производительностью. Юго-западнее оз. Кзылкуль первая зона почти отсутствует, вторая прослеживается в полосе перехода конусов выноса в пролювиальную равнину, сложенную гравийно-галечниковыми и песчаными отложениями с прослоями суглинков. Небольшая мощность рыхлообломочных отложений, неровность поверхности третичного водоупора создают в этой зоне благоприятные условия для концентрации грунтовых вод, идущих из первой зоны, в своеобразные (изолированные) потоки, заключенные в меридиональных понижениях, напоминающих подрусловые потоки. Вследствие этого грунтовые воды здесь не имеют сплошного площадного распространения, а вытягиваются отдельными полосами. По логам и их склонам они часто выходят на поверхность, образуя заболоченные участки и источники с расходом от единиц до 86—1030 *м³/сутки* (от десятых долей до 1—12 *л/сек*). Севернее полосы выклинивания в результате погружения водоупора грунтовые воды также заметно погружаются до глубины 3—5 *м*, иногда — до 10 *м*.

Грунтовые воды зоны выклинивания и неглубокого залегания относятся в основном к пресным и слабосолоноватым, состав их гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-сульфатный и редко сульфатный.

Формула химических анализов воды колодца № 179 (0,27 *г/л*) такая:

$$M_{0,27}\,\frac{C^{24,1}_{0,11}\,S^{20,7}_{0,09}\,Cl^{5,2}_{0,02}}{Ca^{25,5}_{0,04}\,Mg^{21,1}_{0,02}\,Na^{3,4}_{0,02}}.$$

Дебит грунтовых вод в колодцах изменяется от 8,6—25 до 86 *м³/сутки* (от 0,1—0,3 до 1 *л/сек*).

Определить ресурсы грунтовых вод предгорной равнины Каратау на данной стадии исследования представляется затруднительным, однако можно полагать, что в конусах выноса и в зоне выклинивания они

исчисляются несколькими миллиардами кубометров. В целом рассматриваемая территория, насколько позволяют судить рекогносцировочные исследования, относительно бедна грунтовыми водами, и они распространены неповсеместно. Воды могут быть использованы главным образом для водоснабжения небольших населенных пунктов, обводнения пастбищ, редко — для орошения с помощью колодцев и скважин, закладываемых в меридиональных долинах на глубину до 3—5 *м*, реже до 10 *м*. На конусах выноса грунтовые воды со значительной производительностью можно вскрывать скважинами глубиной до нескольких десятков метров.

Предгорные равнины Чу-Илийских гор

Узкой полосой в 10—30 *км* простираются предгорные равнины Чу-Илийских гор по правому берегу р. Чу. В юго-восточной части они сложены делювиально-пролювиальными песчано-суглинистыми отложениями, местами с дресвой и щебнем, а на конусах выноса — гравийно-галечниковыми породами. В северо-западной части равнины развиты преимущественно аллювиальные песчаные и песчано-глинистые комплексы отложений. Мощность рыхлых покровных отложений достигает, по-видимому, 30—50 *м*, местами более.

Грунтовые воды приурочены как к пролювиальным, так и к аллювиальным отложениям. В юго-восточной части равнины они залегают на глубинах 5—30 *м*. Формируются грунтовые воды за счет трещинных вод Чу-Илийских гор и фильтрации вод временных саевых потоков. Встречаются воды от пресных до слабосолоноватых. Дебиты источников и колодцев, по данным Н. К. Окромешко, небольшие.

В северо-западной части равнины, по данным О. К. Ланге, грунтовые воды вскрываются преимущественно в аллювиальных песках на глубине от 3—5 до 8—10 *м*. Питаются они фильтрационными водами р. Чу и водами, поступающими из пролювиальных отложений. Направление движения грунтовых вод параллельно течению р. Чу. По качеству воды слабосолоноватые вблизи р. Чу и отрогов Чу-Илийских гор, солоноватые и соленые в центральной и северо-западной частях аллювиальной равнины. Состав воды изменяется от гидрокарбонатно-сульфатного до сульфатно-хлоридного.

Грунтовые воды предгорной равнины изучены слабо. По-видимому, они могут быть использованы для мелкого сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ с помощью колодцев и скважин глубиной 10—30 *м*.

Дебит грунтовых вод колеблется от 8,6 до 170 *м*^{3}/*сутки* (0,1—2 *л/сек*).

Бугристо-грядовая песчаная равнина Муюнкум

Бугристо-грядовая песчаная равнина Муюнкум, вытянутая вдоль хребтов Киргизского Алатау и Каратау более чем на 500 *км*, занимает 50 000 *км*^{2} площади. Согласно нашим исследованиям в 1941—1942 гг. (Ахмедсафин, 1951), пески Муюнкум занимают обширные древнеаллювиальные равнины, сформировавшиеся в четвертичное время в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности водных потоков, спускавшихся с горных областей Тянь-Шаня. С тремя эрозионно-аккумулятивными циклами связано наличие трех обширных террасовых поверхностей, сложенных преимущественно мелкозернистыми песками с

редкими прослойками суглинков и глин. Вскрытая мощность песков в центральной и восточной частях 150—200 *м* (рис. 64). Из других отло-

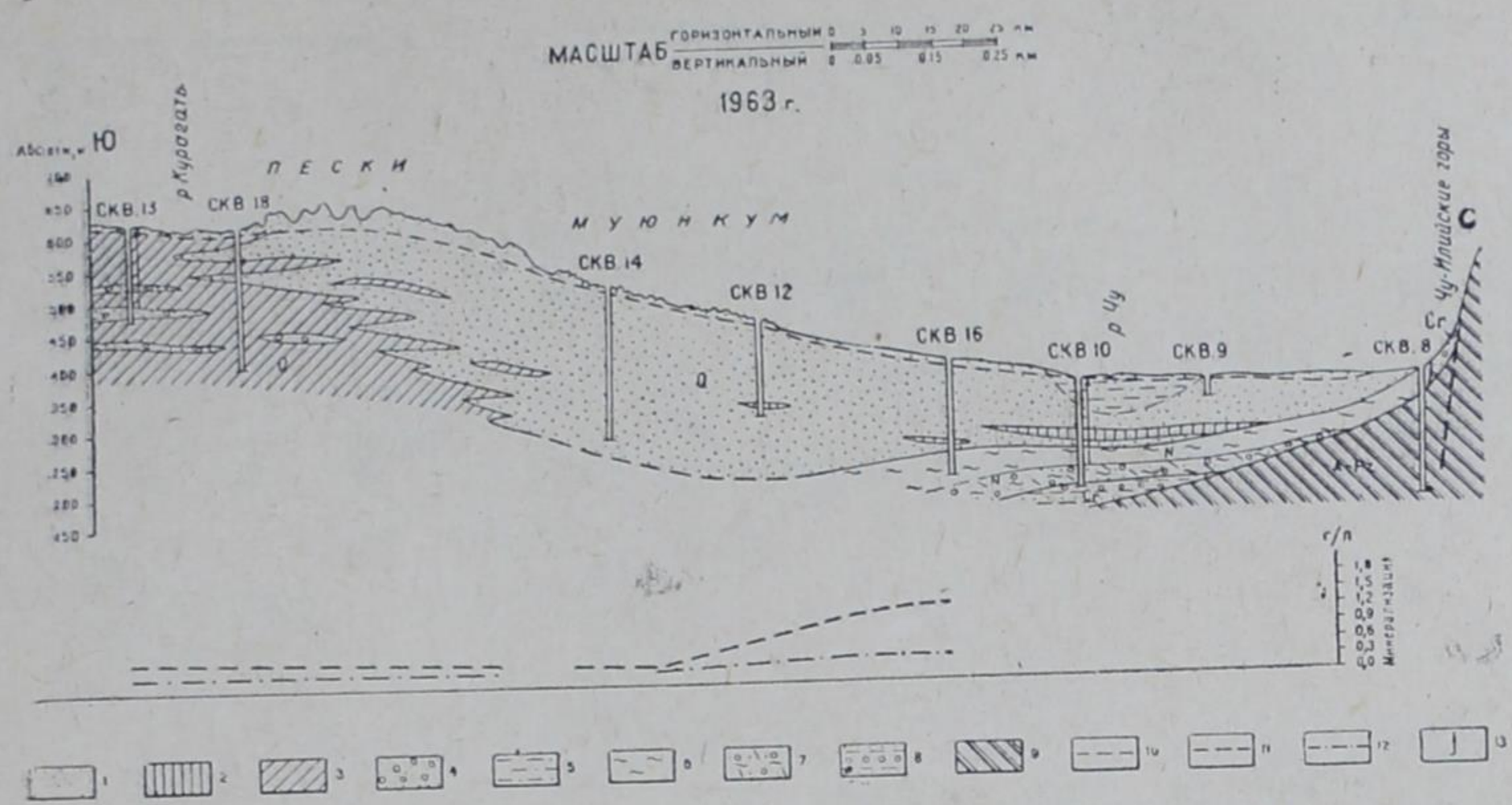


Рис. 64. Гидрогеологический разрез восточной части песков Муюнкум. *1* — пески; *2* — глины, суглинки; *3* — суглинки, глины, супеси; *4* — пески с гравием; *5* — переслаивающиеся пески, суглинки; *6* — глины; *7* — гравийные пески; *8* — переслаивающиеся глины с галечником; *9* — кристаллические породы; *10*—уровень грунтовых вод; *11*— минерализация грунтовых вод, *г/л*; *12* — минерализация напорных вод, *г/л*; *13* — пьезометрический уровень воды.

жений, имеющих подчиненное развитие, следует отметить суглинки, супеси и редко встречающиеся гравийно-песчаные отложения, слагающие более молодые террасовые поверхности и современные долины рек Чу, Талас, Кургаты, окаймляющие песчаные массивы.

Древнеаллювиальные террасовые поверхности покрыты эоловыми мелко- и тонкозернистыми песками, большей частью имеющими всхолмленный бугристо-грядовый рельеф (рис. 65—66).

Рис. 65. Панорама бугристых песков Муюнкум в районе колодца Учкудук. На заднем плане — снежные вершины хребта Киргизского Алатау.

С песчаными отложениями Муюнкум связаны широко распространенные грунтовые воды, имеющие единый водоносный горизонт. Мощность горизонта со 150—200 *м* в восточной и центральной частях песков уменьшается до 20—40 *м* на западе.

Удельная водоотдача песков, слагающих указанный водоносный горизонт, по самым уменьшенным данным, составляет 0,12—0,15. Коэффициент фильтрации пород чаще всего равен 13—16 *м/сутки*. По направлению преобладающих северных и северо-западных уклонов грунтовые воды образуют мощные потоки, формирующиеся вследствие инфильтрации атмосферных осадков, речных вод и подземного стока с предгорной

равнины. Из указанных источников в водоносные горизонты ежесекундно поступает около 40 $м^3$ воды.

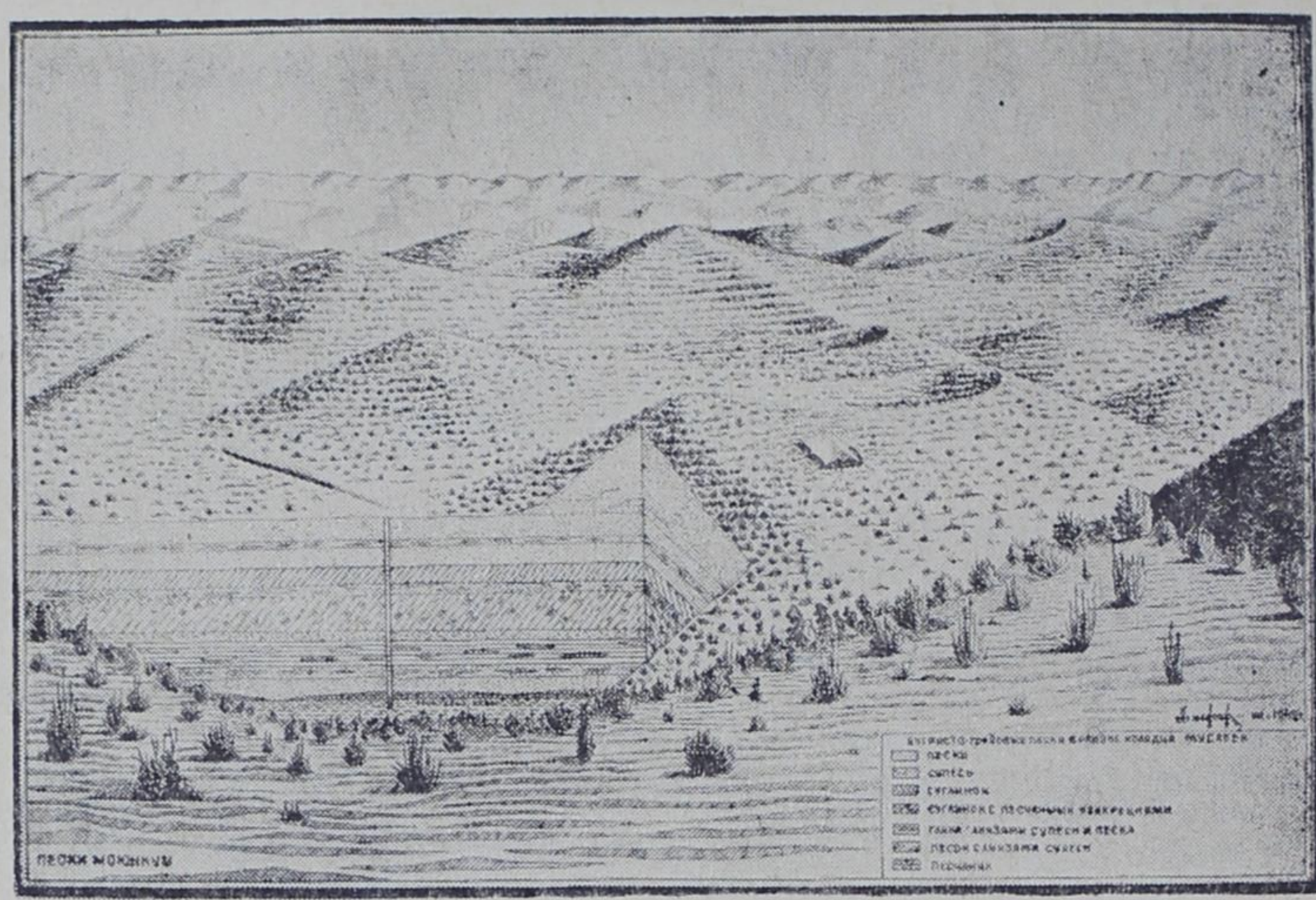


Рис. 66. Бугристо-грядовые пески в районе колодца Мусабек.

Глубина залегания грунтовых вод определяется в основном рельефом песков. Наибольшие глубины, достигающие в межгрядовых понижениях 30—50 *м*, наблюдаются в возвышенной юго-восточной и осевой западной частях Муюнкум (рис. 67), на буграх и грядах они увеличи-

Рис. 67. Схема взаимоотношения рельефа и уровня грунтовых вод в песчаных массивах.

ваются до 80—100 *м* и более. На глубине 3—5 *м* отмечены воды в центральной части восточной половины песков, в так называемой чуротной зоне. Эти минимальные глубины характерны для межбугристых понижений, под буграми и грядами глубина залегания грунтовых вод увеличивается от 5—10 до 20 *м*.

Вся восточная и центральная части песков изобилуют многочисленными чуротами (долинообразные понижения среди бугристых песков с густым водолюбивым растительным покровом). Чуроты — это своего рода оазисы; здесь воды залегают на небольшой глубине (1—2 *м*), в периоды высокого положения уровня (весной) они нередко выходят на поверхность, образуя озера довольно значительных размеров (3—5 *га*). К числу их относятся Тогузкудук, Даланкудук (рис. 68), Чушкакуль, Майкудук, Астаукуль, Баскуль, Басчингильды, Шарбакты, Аккан, Аякуль и другие. Общая площадь чуротов примерно 70 тыс. *га*.

По окраинным частям песков Муюнкум, имеющим равнинный рельеф, грунтовые воды находятся чаще всего на глубине 10—20 *м*. В

долинах рек Чу, Талас и Курагаты, окаймляющих песчаные массивы, воды залегают в пределах 3—5 *м*. Грунтовые воды отличаются слабой минерализацией, однако по мере выщелачивания и испарительной кон-

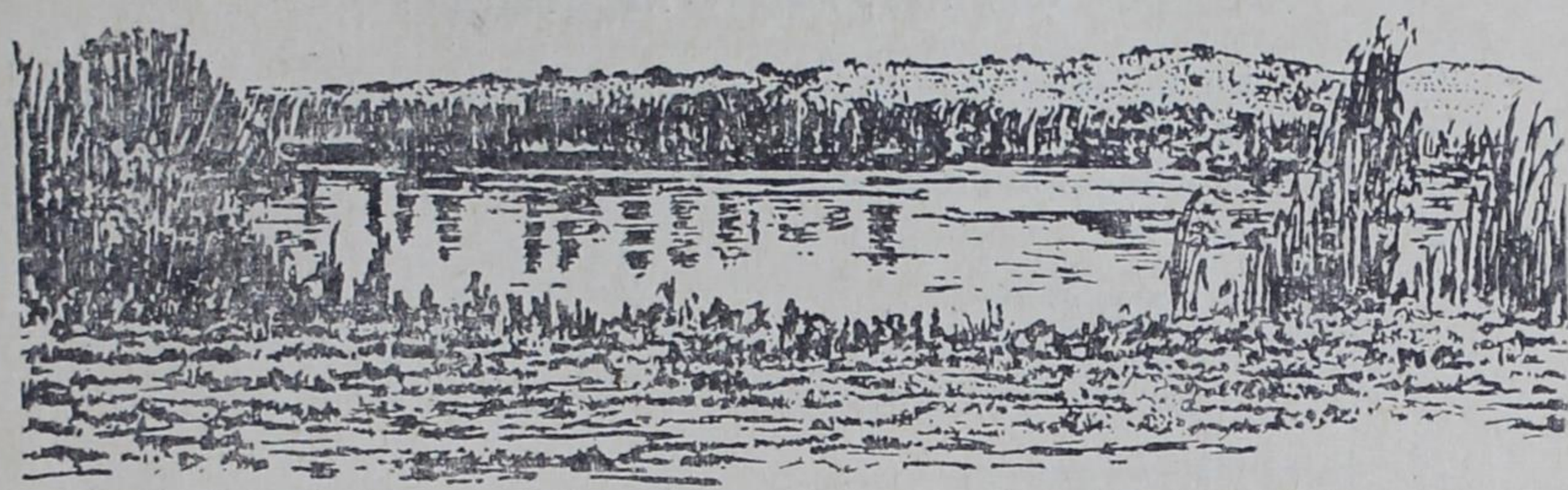


Рис. 68. Озеро Даланкудук.

центрации солей в воде наблюдается повышение минерализации с юга на север и с востока на запад. В юго-восточной и центральной частях песков сухой остаток в воде не превышает 1 *г/л*, состав воды гидрокарбонатно-кальциевый и гидрокарбонатно-кальциево-магниевый. Химический состав воды (формула Курлова) в колодцах Тарын (0,5 *г/л*) и Джусанды (0,85 *г/л*) приведен ниже:

$$M_{(0,5-0,85)}\frac{C^{36}_{0,33}\,S^{11,3}_{0,08}\,Cl^{2,7}_{0,01} - C^{30,7}_{0,44}\,S^{15,2}_{0,18}\,Cl^{4,1}_{0,03}}{Ca^{26,3}_{0,08}\,Mg^{11,7}_{0,02}\,Na^{12}_{0,04} - Mg^{20,2}_{0,06}\,Ca^{15,2}_{0,07}\,Na^{14,6}_{0,07}}.$$

По мере удаления на север и запад минерализация грунтовых вод постепенно повышается и на значительных площадях достигает 1—3 *г/л*, состав воды смешанный (рис. 69). С приближением к западу и совре-

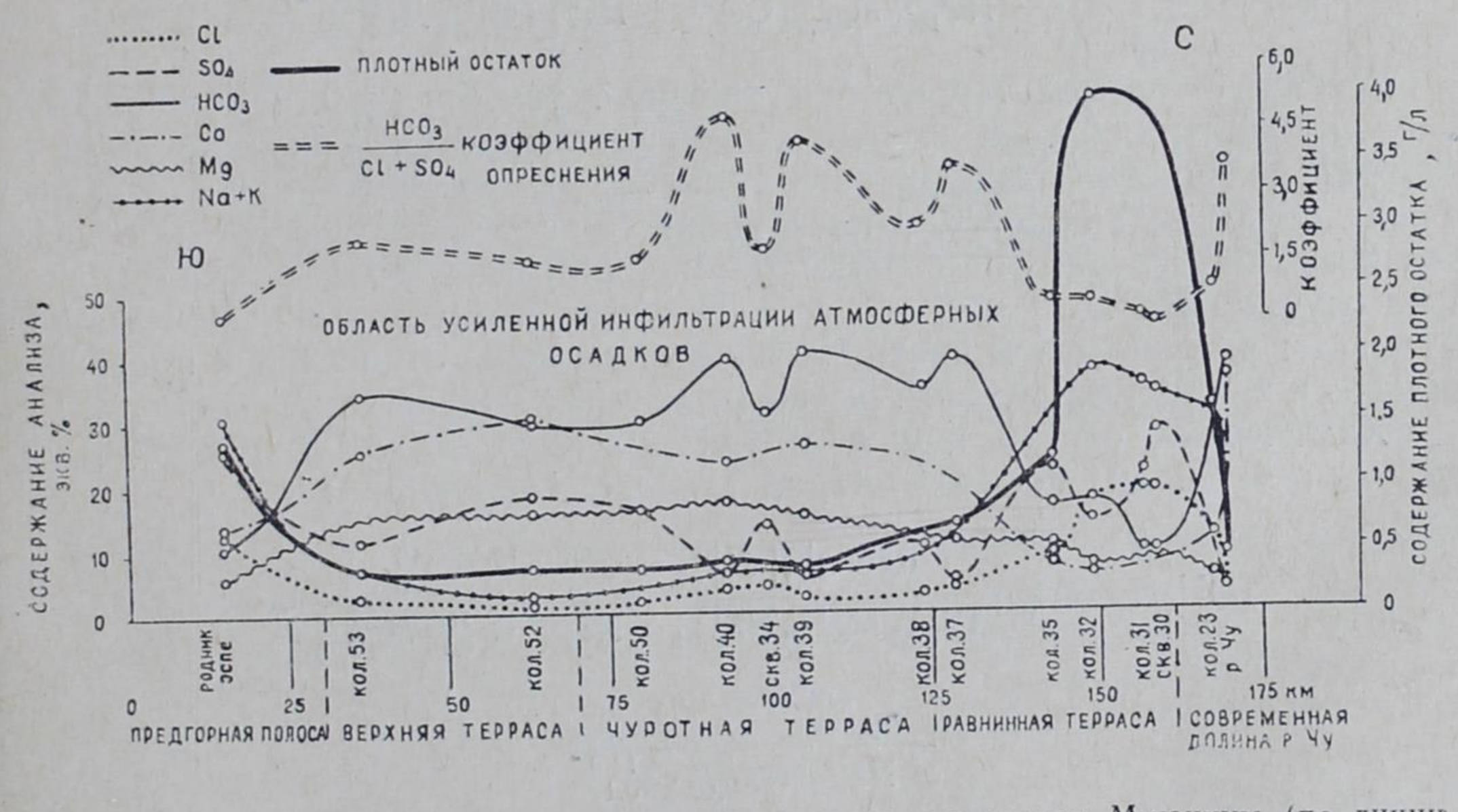


Рис. 69. Изменение химического состава грунтовых вод песков Муюнкум (по линии ст. Малдыбай — с. Фурманово).

менной долине р. Чу сухой остаток повышается до 3—5 *г/л*, редко более. Состав вод меняется на сульфатно-натриевый.

Формулы химических анализов по колодцам Ботагоз (1,55 *г/л*) и № 200 (3,3 *г/л*) следующие:

$$M_{(1,55-3,3)}\ \frac{S^{24,1}_{0,52}\,C^{15,2}_{0,41}\,Cl^{10,7}_{0,17} - S^{28,7}_{1,34}\,Cl^{14,7}_{0,51}\,C^{6,6}_{0,39}}{Ca^{22,2}_{0,2}\,Na^{18,6}_{0,18}\,Mg^{9,2}_{0,05} - Na^{36,7}_{0,82}\,Mg^{7,1}_{0,08}\,Ca^{6,2}_{0,12}}.$$

Наконец, на крайнем западе песков минерализация воды увеличивается до 10—50 *г/л*, местами и более, а состав становится сульфатно-хлоридно-натриевым и хлоридно-натриевым (рис. 70).

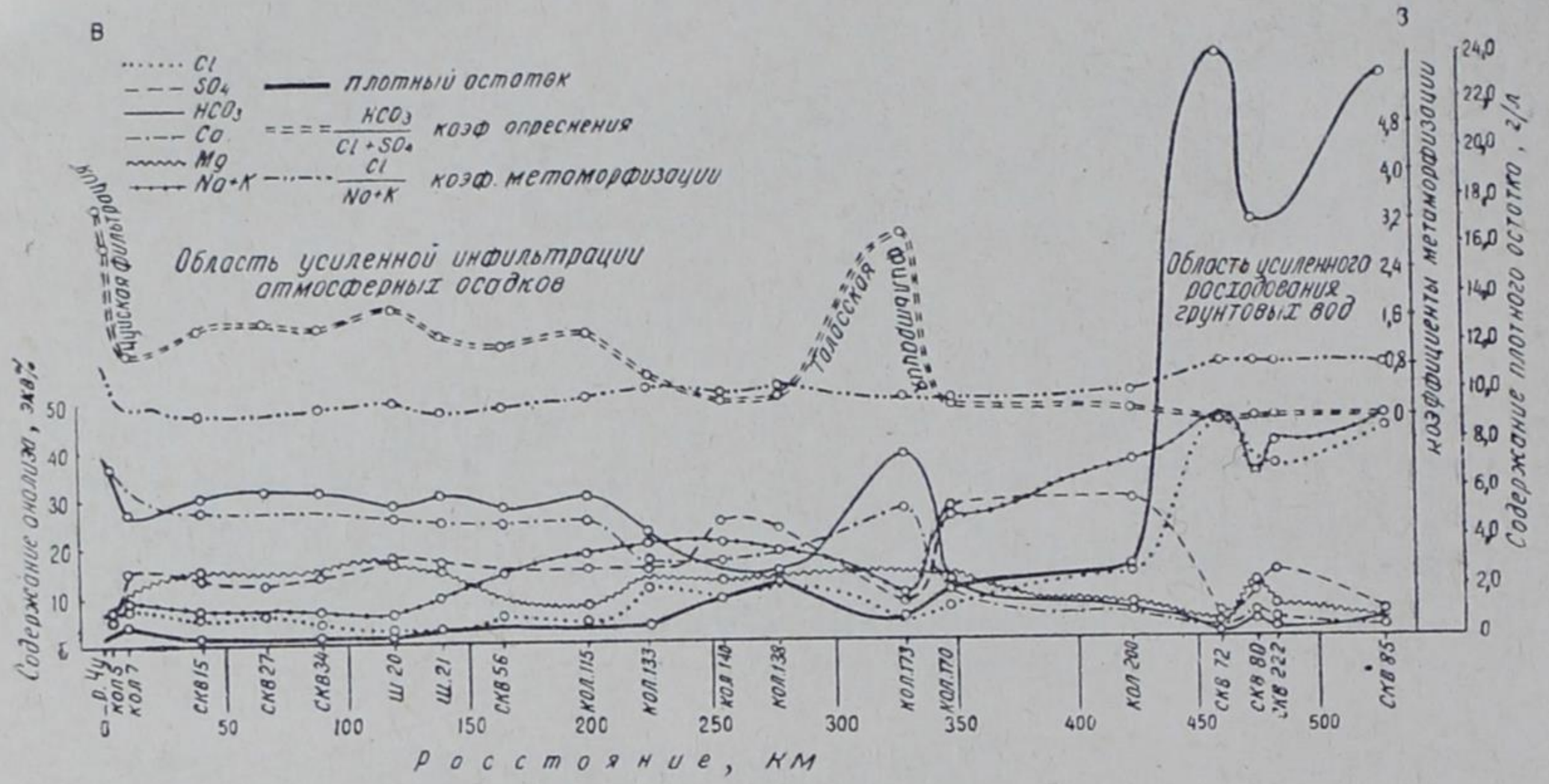


Рис. 70. Изменение химического состава грунтовых вод песков Муюнкум (по линии с. Ново-Троицкое — оз. Ащикуль). Составил У. М. Ахмедсафин.

Химические анализы воды по скважинам № 86 (35 *г/л*) и № 41 (235 *г/л*) таковы:

$$M_{(35-235)}\ \frac{Cl^{44,3}_{18,8}\,S^{3,9}_{2,23}\,C^{1,8}_{1,21} - Cl^{47,7}_{137,2}\,S^{1,7}_{7,6}\,C^{0,6}_{0,3}}{Na^{45,1}_{12,3}\,Mg^{4,4}_{0,64}\,Ca^{0,5}_{0,12} - Na^{44}_{81,6}\,Ca^{4}_{6,4}\,Mg^{2}_{1,92}}.$$

На значительной территории песков с углублением в водоносный горизонт минерализация грунтовых вод уменьшается. Так, например, в центральной части, у поверхности водоносного горизонта, сухой остаток в воде составляет 0,35 *г/л*, а на глубине 132 *м* — всего 0,2 *г/л*. В северной половине песков с поверхности минерализация воды равна 1,3 *г/л*, а на глубине 101 *м* — всего 0,4 *г/л*. В современных долинах рек Талас, Курагаты и в восточной части Чу грунтовые воды относятся к пресным, реже — к слабосолоноватым, имеют различный состав.

Химический состав вод долин р. Чу: колодцы № 8 и 23 (0,7 и 2,2 *г/л*) и р. Талас — совхоз Учарал (1,4 *г/л*) следующий:

$$M_{(0,7-2,2-1,4)}\ \frac{C^{27,9}_{0,34}\,S^{12,1}_{0,11}\,Cl^{10}_{0,07} - C^{23,6}_{0,94}\,S^{13,4}_{0,4}\,Cl^{13}_{0,3} - S^{24,7}_{0,48}\,C^{20,3}_{0,5}\,Cl^{5}_{0,07}}{Ca^{18}_{0,07}\,Mg^{18}_{0,04}\,Na^{14}_{0,04} - Na^{32,6}_{0,4}\,Ca^{11,8}_{0,15}\,Mg^{5,6}_{0,04} - Na^{21,4}_{0,2}\,Mg^{16,2}_{0,08}\,Ca^{12,3}_{0,1}}.$$

Грунтовые воды, залегающие в западной части долины р. Чу, характеризуются высокой минерализацией (10—50 *г/л*) и сульфатно-хлоридно-натриевым и хлоридно-натриевым составом. Производительность водоносных горизонтов в песках в зависимости от местонахождения

выработок варьирует в значительных пределах. Наши исследования в 1941—1942 гг. показали, что примитивно устроенные колодцы-копани при небольших понижениях дают расходы, изменяющиеся от 43—86 *м³/сутки* (0,5—1 *л/сек*) до 5—10 *м³/сутки* (0,06—0,12 *л/сек*). Наибольшие дебиты —17—86 *м³/сутки* (0,2—1 *л/сек*) — наблюдаются в юго-восточной и центральной чуротной зонах песков. По данным М. С. Кан, в глубоких скважинах, пройденных в последние годы в центральной зоне песков, при понижении уровня воды до 10 *м* получены расходы до 430 *м³/сутки* (5 *л/сек*), на севере при понижении до 6 *м*—172 *м³/сутки* (2 *л/сек*). Режим грунтовых вод в местах близкого залегания определяется климатом, на участках глубокого залегания — подземным стоком, вблизи рек — поверхностными водами. Амплитуда сезонного колебания изменяется от нескольких сантиметров до 0,5—1 *м* (рис. 71).

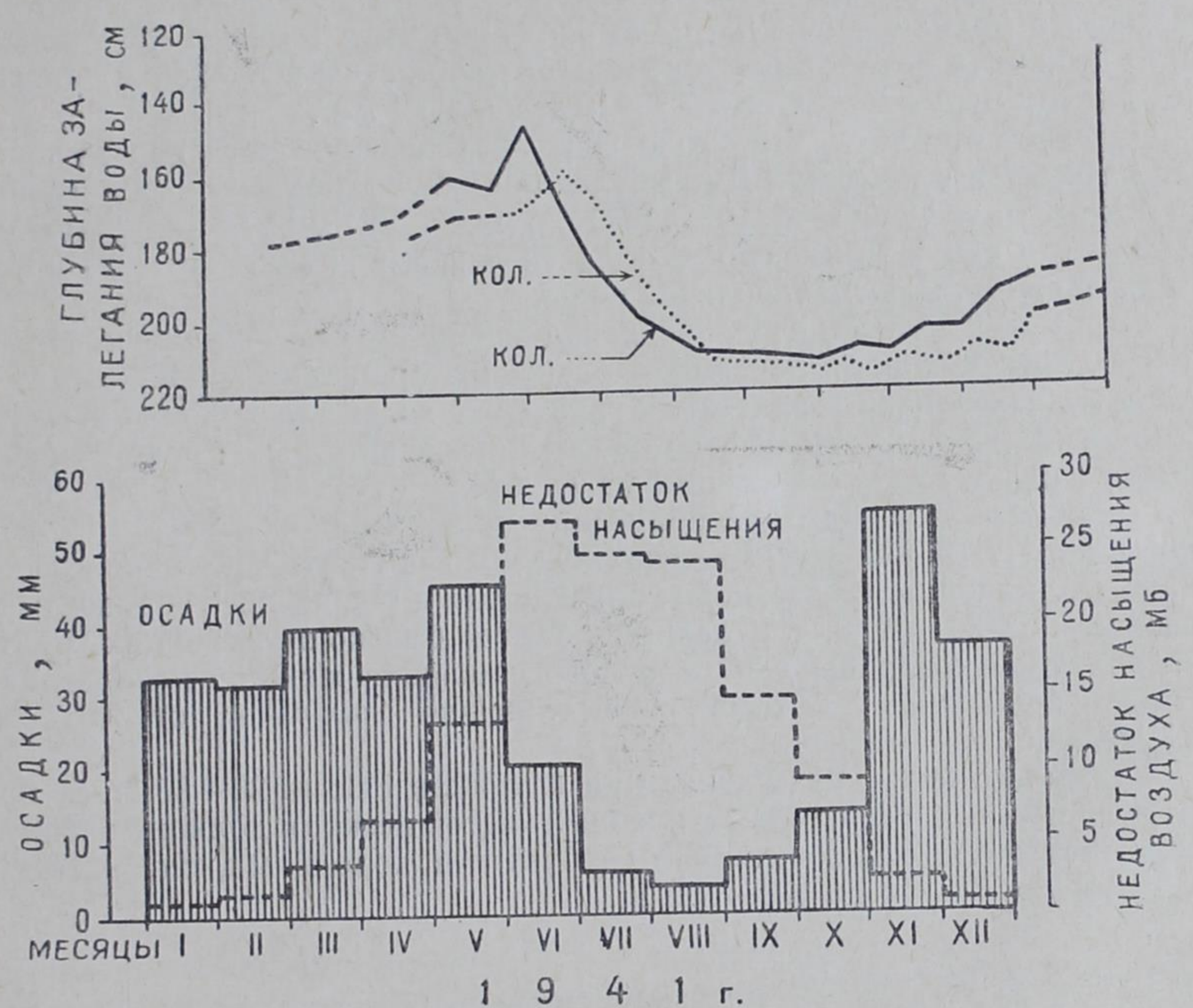


Рис. 71. График колебания уровня грунтовых вод в районе чуротов Коба и Сары-Коба.

Песчаный массив обладает огромными многолетними и вековыми запасами грунтовой воды. В центре и на юго-востоке песков при средней мощности водоносного горизонта 100 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 на площади 17 000 *км²* запасы пресной воды составляют около 250 млрд. *м³*, или 15 млн. *м³* на 1 *км²*. В северной и осевой частях западной половины песков при средней мощности 55 *м* и общей площади в 24 000 *км²* заключено слабосолоноватых вод около 190 млрд. *м³*, или 8 млн. *м³* на 1 *км²*. Наконец, на крайнем северо-западе на площади 4000 *км²* при мощности 20 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,12 заключено около 10 млрд. *м³* солоноватых и слабосоленых вод, или около 2,5 млн. *м³* на 1 *км²*.

Общие прогнозные вековые запасы грунтовых вод составляют, таким образом, примерно 450 млрд. $м^3$. За счет инфильтрации атмосферных осадков, речных вод и подземного стока извне они ежегодно пополняются в размере 1,2 млрд. $м^3$. При непрерывном использовании только половины вековых запасов в течение 100 лет ежесекундный расход грунтовых вод составит около 73 $м^3$ (при нормальной эксплуатации водозабор можно довести до 146 $м^3/сек$), при 80-процентной эксплуатации (что вполне реально, учитывая большую мощность горизонта, уменьшение минерализации воды с глубиной) он повысится до 117 $м^3/сек$ (при нормальной — 234 $м^3/сек$).

Ежесекундно возобновляемые запасы грунтовых вод песков составляют около 40 $м^3$. Следовательно, все прогнозные эксплуатационные запасы грунтовых вод Муюнкумов в случае сработки 50 и 80% вековых запасов с учетом возобновляемых могут изменяться от 113 $м^3/сек$ (226 $м^3/сек$ при нормальном извлечении) до 157 $м^3/сек$ (314 $м^3/сек$), расходные модули — от 2,5 (5) до 3,5 (7) $л/сек$ с 1 $км^2$. В центральной части песков (с водоносным горизонтом мощностью 200—250 *м*) расходные модули будут составлять 7,5—10,5 $л/сек$ с 1 $км^2$.

Следует отметить, что около 90% запасов грунтовых вод Муюнкумов находится в пределах Джамбулской области, поэтому здесь имеется возможность получить от 102 (204) до 141 (282) $м^3/сек$ качественной воды, тогда как в Чимкентской области — всего 11 (22)—16 (32) $м^3/сек$ слабосолоноватой и слабосоленой воды.

Огромные ресурсы грунтовых вод песков могут широко использоваться для обводнения пастбищ и оазисного орошения полей.

В местах близкого залегания грунтовые воды для водопоя и мелкого водоснабжения должны эксплуатироваться шахтными и абиссинскими колодцами, закладываемыми на глубину от 3—10 до 15—20 *м*. При оазисном орошении для получения более высоких дебитов — 450—1300 $м^3/сутки$ (5—15 $л/сек$) — необходимо сооружать преимущественно трубчатые колодцы (скважины), опускаемые в водоносные горизонты не менее чем на 20—30 *м*. С целью извлечения близко залегающих грунтовых вод чуротной зоны для оазисного орошения можно использовать также дренажные галереи, позволяющие получать от 0,07 до 0,81 $м^3/сек$ с 1 *км* галереи.

Грунтовые воды, залегающие на глубинах свыше 20—30 *м* (в пределах равнинных террас, возвышенных частей песков) должны эксплуатироваться почти исключительно трубчатыми колодцами, опускаемыми на глубину от 30—50 до 100—150 *м*.

Артезианские воды

Артезианские воды района охарактеризованы в нашей работе «Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (1961), поэтому здесь приводятся только очень краткие сведения, касающиеся артезианских бассейнов предгорных равнин Киргизского, Таласского Алатау и Муюнкумского массива.

Артезианские бассейны предгорных равнин связаны с валунно-галечниковыми и гравийно-песчаными отложениями конусов выноса, которые, судя по данным скважины, прошедшей всю толщу четвертичных отложений (г. Алма-Ата), достигают большой мощности. В пределах пролювиальной равнины галечниковые отложения сменяются гравийно-песчаными и песчаными, переслаивающимися с суглинками и глинами. При этом мощность водоносных комплексов пород в глубь пролювиальной равнины быстро уменьшается, сужается сечение водоносных

горизонтов, в результате чего подземный поток, двигающийся со стороны конусов выноса, получает большой подпор. Напорные воды большей частью залегают на глубинах от 50—100 до 200—300 *м*. По качеству они исключительно пресные, гидрокарбонатного, редко гидрокарбонатно-сульфатного состава. Характерный состав воды такой:

$$M_{0,3}\,\frac{C^{45}_{0,244}\,Cl^{3,8}_{0,012}\,S^{1,2}_{0,005}}{Mg^{24,0}_{0,026}\,Na^{23,5}_{0,005}\,Ca^{2,5}_{0,004}}.$$

Производительность напорных подземных вод в хорошо оборудованных скважинах, заложенных во Фрунзе, Луговой, Карабалты и пройденных на конусах и периферийных их частях, варьирует при самоизливе от 250 до 4300 *м³/сутки* (3—50 *л/сек*). Значительно меньшая производительность отмечена в скважинах, пройденных в пролювиальных равнинах. В разведочных, не всегда ранее качественно опробованных скважинах дебиты составляют 170—1400 *м³/сутки* (2—16 *л/сек*).

Многолетние региональные прогнозные ресурсы артезианских вод предгорной равнины Киргизского Алатау на площади в 13 000 *км²* при средней мощности 100 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,18 равны (без грунтовых вод) 235 млрд. *м³* (с грунтовыми водами ранее определены в 270 млрд. *м³*). Прогнозные запасы предгорной равнины Таласского Алатау на площади в 5000 *км²* при тех же параметрах составляют 90 млрд. *м³*. Суммарные ресурсы двух районов около 325 млрд. *м³*, или 17 млн. *м³* на 1 *км²* (без учета упругих запасов). При непрерывном использовании только половины многолетних запасов в течение 100 лет расход артезианских вод предгорных равнин с учетом ежегодно возобновляемых составит более 70 *м³/сек* (при сезонном использовании —140 *м³/сек*). Расходные модули при этом будут равны 4(8) *л/сек* с 1 *км²*.

Артезианские воды предгорной равнины, большая часть которых заключена в конусах выноса, могут быть широко использованы для водоснабжения городов, орошения полей с помощью скважин глубиной 100—300 *м*. Скважины должны закладываться с учетом упругого режима подземных вод и во всяком случае на расстоянии не менее 1—2 *км* друг от друга.

Муюнкумский артезианский бассейн связан с нижнетретичными (эоценовыми) и меловыми (сенонскими) песками, реже—с рыхлыми песчаниками, которые образуют, по-видимому, до 2—3 водоносных горизонтов общей мощностью 40—50 *м*, местами и более (рис. 72). В них заключены преимущественно самоизливающиеся воды, залегающие на глубине 100—300 *м* в северной части низовья р. Чу, 400—700 *м* — в центральной части бассейна (см. рис. 10). Судя по немногим данным, напорные воды мела относятся к пресным, с сухим остатком до 1 *г/л*, реже к слабосолоноватым, гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого, сульфатно-натриевого и смешанного состава.

Формулы химических анализов воды западной части бассейна по скважинам № 286 (0,57 *г/л*) и 265 (1,1 *г/л*), расположенным в 50 *км* друг от друга, следующие:

$$M_{(0,57-1,1)}\,\frac{C^{19,6}_{0,19}\,S^{18,4}_{0,14}\,Cl^{12}_{0,07} - S^{33}_{0,52}\,Cl^{8,5}_{0,1}\,C^{8,5}_{0,17}}{Na^{33,1}_{0,13}\,Mg^{9,3}_{0,01}\,Ca^{7,5}_{0,03} - Na^{36,5}_{0,24}\,Ca^{10}_{0,06}\,Mg^{3,5}_{0,01}}.$$

Воды нижнетретичных (эоценовых) отложений имеют минерализацию, не превышающую 1,5—2,5 *г/л*. Встречаются воды от смешанных до сульфатно-хлоридно-натриевых.

Судя по данным разведочных работ, в западной части бассейна

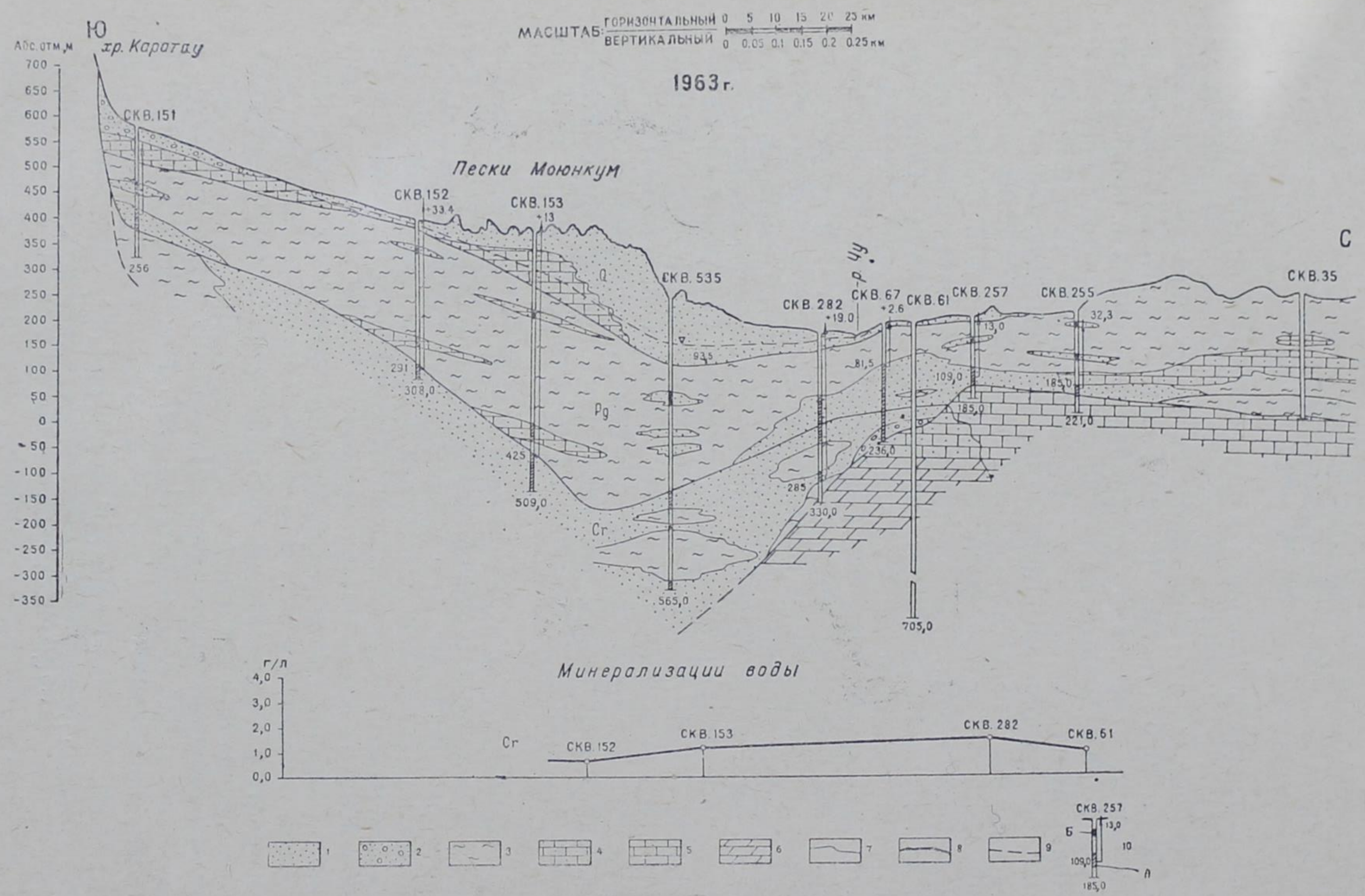


Рис. 72. Гидрогеологический разрез западной части песков Муюнкум.

1 — пески; *2* — песчано-галечниковые отложения; *3* — глины; *4* — песчаники; *5* — известняки; *6* — аргиллиты; *7* — границы между литологическими разностями пород; *8* — границы между стратиграфическими горизонтами; *9* — уровень грунтовых вод; *10* — скважины (цифры слева — уровень появления воды, *м*; у стрелки — установившийся уровень воды, *м*; внизу — глубина скважины, *м*; *А* — пресные, *Б* — соленые воды).

эоценовые воды оказались почти исключительно пресными, гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-сульфатно-натриевого состава. Формулы химических анализов этих вод по скважинам № 137 (0,87 *г/л*) и № 2 (1,23 *г/л*) следующие:

$$M_{(0,87-1,23)} \frac{Cl^{22}_{0,2}\, S^{17,5}_{0,23}\, C^{10,5}_{0,17} - C^{34,4}_{0,7}\, Cl^{8,7}_{0,1}\, S^{6,9}_{0,1}}{Na^{33}_{0,2}\, Ca^{9}_{0,04}\, Mg^{8}_{0,03} - Na^{28,8}_{0,22}\, Ca^{10,9}_{0,07}\, Mg^{10,3}_{0,04}}.$$

Верхнепалеогеновые (олигоценовые) водоносные горизонты в разведанной западной части бассейна до глубины 200—250 *м* содержат высокоминерализованные низкодебитные воды, поэтому, во избежание смешения их с нижележащими пресными, при проходке скважин они тщательно должны быть изолированы. Производительность водоносных горизонтов чаще всего составляет в меловых породах 430—2500 *м³/сутки* (5—30 *л/сек*), по последним данным разведки, в западной части бассейна, ближе к предгорьям Каратау, достигает 4320—8600 *м³/сутки* (50—100 *л/сек*), а в палеогеновых песках —86—860 *м³/сутки* (1—10 *л/сек*).

Прогнозные вековые региональные запасы Муюнкумского бассейна на площади 60 000 *км²* при средней мощности мелового водоносного горизонта 30 *м* и третичного 10 *м* (по последним данным, значительно больше) и коэффициенте водоотдачи соответственно 0,15 и 0,10, составляют 330 млрд. *м³*, или 5,5 млн. *м³* на 1 *км²* (без учета упругих запасов). При непрерывном использовании только половины указанных ресурсов в течение 130 лет расход артезианских вод будет равен 41 *м³/сек* (при сезонном использовании расход можно довести до 82 *м³/сек*). В случае сработки 80% вековых запасов расход подземных вод можно увеличить до 66 *м³/сек* (с учетом сезонности использования — до 132 *м³/сек*). При этих запасах расходные модули будут варьировать от 0,68 (1,36) до 1,1 (2,2) *л/сек* с 1 *км²*.

Артезианские воды западной части бассейна Муюнкум и прилегающих к нему предгорий Каратау и низовий р. Чу могут быть широко использованы для орошения полей, обводнения пастбищ и водоснабжения населенных пунктов. Их можно вывести на поверхность с помощью скважин глубиной 300—600 *м*. Каждая скважина может давать при самоизливе в среднем 430—2600 *м³* воды в сутки (5—30 *л/сек*). Во избежание глубокого взаимодействия и падения пластового давления, обеспечивающего самоизлив, скважины должны закладываться на расстояниях не менее 2—3 *км* друг от друга.

* * *

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что рассматриваемый Чу-Таласский район находится в весьма благоприятных гидрогеологических условиях формирования и накопления подземных вод, обладает огромными водными ресурсами недр, пригодными для водоснабжения, обводнения пастбищ и оазисного орошения.

Все учтенные эксплуатационные ресурсы грунтовых подземных вод Чу-Таласских равнин составляют на площади 52 000 *км²* при 50-процентном непрерывном повсеместном использовании в течение 100 лет с учетом возобновляемых 138 *м³/сек* (при нормальном использовании —276 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 2,6 (5,2) *л/сек* с 1 *км²*. При 80-процентном использовании эксплуатационные запасы возрастут до 185 (370) *м³/сек*, а расходные модули — до 3,5 (7) *л/сек* с 1 *км²*. Эксплуатационные расходы артезианских вод на площади 78 000 *км²* при 50-процентной сработке равны 111 (222) *м³/сек*

и расходные модули —1,3 (2,6) *л/сек* с 1 *км*². При 80-процентном использовании расходы увеличатся до 177 (354) *м*³/*сек* и расходные модули — до 2,2 (4,4) *л/сек* с 1 *км*².

Расходные модули большей частью оказываются меньше, чем даже нижние пределы дебитов скважин, полученные в артезианских бассейнах при самоизливе, а в грунтовых — при откачке и небольших понижениях. Поэтому приведенные данные эксплуатационных запасов нельзя считать завышенными. К тому же следует отметить, что ввиду слабой изученности в эксплуатационных запасах артезианских вод не учтены упругие запасы, которые, по данным проф. Н. И. Плотникова (1962), могут составлять значительную величину вековых ресурсов высоконапорных подземных вод.

XIX. ПРИСЫРДАРЬИНСКИЕ ПРЕДГОРНЫЕ И БУГРИСТО-ГРЯДОВЫЕ РАВНИНЫ

Н. Я. ЯКУПОВА

Выделяемый гидрогеологический район представляет огромную пролювиально-аллювиальную и аллювиально-эоловую равнину, ограниченную с севера Тургайским столово-останцовым плато, на северо-востоке — хребтом Каратау, на юго-востоке — Пскемско-Угамскими горами, на юго-западе — горными возвышенностями Букантау, находящимися в центральной части песков Кзылкумов. На западе равнина открыта в сторону Аральского моря.

Единственной крупной водной артерией района является р. Сыр-Дарья (средний годовой расход 627 *м*³/*сек*) с притоками Арысь, Келес и Чирчик.

Небольшие маловодные реки, стекающие со склонов хребтов, в большинстве случаев теряются в предгорной полосе, не достигнув р. Сыр-Дарьи, и редко разбираются на орошение.

Климат района резко континентальный, пустынный, с жарким летом и холодной зимой. Осадки выпадают главным образом в зимнее и весеннее время. Их среднее количество не превышает 150 *мм*. Наиболее обеспеченными являются возвышенные предгорные равнины (150—300 *мм*) и наименее — юго-запад Приаральских Кзылкумов, где в среднем за год выпадает не более 100 *мм* осадков.

Влияние климата на режим и расходы поверхностных и грунтовых вод района велико. Малое количество атмосферных осадков в летние месяцы, высокая температура воздуха и большая испаряемость вызывают значительные колебания уровня рек, уменьшение дебитов многих источников и изменение минерализации.

В геологическом строении района принимают участие меловые (глины, пески и песчаники), третичные (пестроцветные глины, мергели, пески) и рыхлообломочные четвертичные отложения. Характер геологического строения и наличие громадной области питания подземных вод в пределах южных хребтов (Каратау, Пскемский, Угамский) позволяют рассматривать данный район как область накопления и циркуляции огромных ресурсов пресных и слабосолоноватых подземных вод.

По устройству поверхности и геологическому строению в пределах рассматриваемого района можно выделить следующие природно-гидрогеологические подрайоны равнин: 1) Каратауской предгорной, 2) Кор-

жунтау-Казыкуртской предгорной, 3) Сыр-Дарьинской аллювиальной, 4) Арысь-Бугуньской аллювиальной, 5) Голодностепской аллювиальной, 6) Кзылкумской бугристо-грядовой и 7) прибрежно-морской.

В пределах выделенных равнин существуют определенные природно-геологические условия, в свою очередь обусловливающие различие их гидрогеологических условий.

Каратауская предгорная равнина

Каратауская предгорная равнина, вытянутая к северо-западу вдоль юго-западных склонов хребта Каратау, шириной от 15 до 60 *км*, сложена в основном аллювиально-пролювиальными, преимущественно песчано-галечниковыми отложениями четвертичного возраста. Последние по мере удаления в сторону Сыр-Дарьинской плоской равнины постепенно сменяются аллювиальными песчаными, песчано-глинистыми отложениями.

Мощность покровных рыхлообломочных отложений изменяется от нескольких до десятков метров.

В пределах предгорной равнины Каратау только на небольших участках отсутствуют покровные четвертичные отложения. На таких участках на поверхности обнажаются пестроцветные третично-меловые отложения.

Меловые отложения выделены только на одном небольшом участке площадью не более 250 *км*^{2} (см. рис. 2), поэтому гидрогеологическая характеристика водоносного горизонта, связанного с данным комплексом пород, не приводится.

Третичные отложения, представленные пестроцветными глинами, выделены как безводные участки.

Условия залегания грунтовых вод в толще предгорных отложений определяются своеобразным характером строения четвертичной толщи. Рыхлообломочная толща предгорной полосы сложена чередующимися линзообразными прослоями, а водоносные горизонты приурочены главным образом к песчано-гравийно-галечниковым прослоям. Небольшая мощность рыхлообломочных отложений, неровность поверхности водоупорного ложа исключают возможность существования сплошных водоносных горизонтов, имеющих большую протяженность как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении.

Грунтовые воды в этих отложениях залегают сравнительно узкими обособленными потоками на глубине в среднем 5—10 *м*.

По качеству воды Каратауской предгорной равнины пресные и слабосолоноватые, с плотным остатком до 3 *г/л*, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевого и сульфатно-натриевого состава.

Ниже приводится химический анализ воды скважин № 29 и 32, расположенных северо-восточнее ж.-д. ст. Чиили, на предгорной равнине.

$$M_{(0,68-3,0)}\ \frac{C^{22,2}_{0,292}\,S^{18}_{0,153}\,Cl^{9,8}_{0,069} - S^{29,4}_{1,41}\,Cl^{14,7}_{0,52}\,C^{5,9}_{0,36}}{Ca^{23,5}_{0,074}\,Mg^{18,7}_{0,055}\,Na^{7,8}_{0,036} - Na^{30,3}_{0,71}\,Mg^{11,2}_{0,136}\,Ca^{8,5}_{0,173}}.$$

При наличии благоприятных условий питания и циркуляции в предгорных отложениях конусов выноса создаются мощные подземные потоки, отличающиеся относительно большими расходами. Производительность их зависит в основном от времени года. Весной, когда проходят паводки, обычно она повышается и в связи с этим появляется множество родников с дебитами до 430—860 *м*^{3}/*сутки* (5—10 *л/сек*), местами — 1720—2150 *м*^{3}/*сутки* (20—25 *л/сек*). Суммарный расход всех источников

достигает 8640—17 280 *м³/сутки* (100—200 *л/сек*), в летний период он значительно уменьшается.

Прогнозные многолетние ресурсы пресных и слабосолоноватых вод с плотным остатком до 3 *г/л* на площади 7500 *км²* при средней мощности водоносного горизонта 5 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,18 составляют 6,7 млрд. *м³*, или 0,9 млн. *м³* на 1 *км²*. При условии использования 50% многолетних ресурсов, без учета ежегодного пополнения подземных вод, в течение 50 лет можно будет получать около 2,1 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации с перерывами —4,2 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 0,3 (0,6) *л/сек* с 1 *км²*. При 80-процентном использовании расход увеличится до 3,4 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации — до 6,8 *м³/сек*). Расходные модули при этом составят 0,45 (0,9) *л/сек* с 1 *км²*.

Грунтовые воды предгорной равнины Каратау широко могут быть использованы для орошения полей, обводнения пастбищ и водоснабжения населенных пунктов, ж.-д. станций. В верхней части водоносного горизонта они могут быть использованы с помощью шахтных колодцев глубиной 10—15 *м*, а из более глубоких — скважинами глубиной 50—80 *м*.

Коржунтау-Казыкуртская предгорная равнина

Наклонная предгорная равнина, вытянутая полосой 50—80 *км* вдоль хребтов Угамский, Коржунтау и Казыкурт, сложена меловыми и третичными отложениями.

Отложения мелового возраста представлены переслаивающимися слоями песков, песчаников, глин, известняков и мергелей.

В гидрогеологическом отношении указанный подрайон пока остается слабо изученным. Однако сопоставление, сделанное У. М. Ахмедсафиным в 1941 г., геологического строения и некоторых гидрогеологических данных по этому подрайону с аналогичными условиями Приташкентского района, дает возможность в некоторой степени охарактеризовать его гидрогеологические условия.

Переслаивающиеся слои меловых песков и песчаников содержат напорные водоносные горизонты, которые питают небольшие источники (Акбулак, Мирзакельды, Талдыбулак и др.). Глубина залегания водоносного горизонта в основном достигает 50 *м*, а на более пониженных участках — 10—20 *м*. Воды преимущественно пресные, с плотным остатком до 1 *г/л*, сульфатно-кальциевого состава.

Химический анализ воды источника, расположенного на предгорной равнине (район села Ленинское), следующий:

$$M_{0,76}\,\frac{S^{26}_{0,324}\,C^{16}_{0,256}\,Cl^{8}_{0,078}}{Ca^{20,7}_{0,109}\,Mg^{20,2}_{0,064}\,Na^{9,1}_{0,054}}.$$

Дебиты источников изменяются от 43,2 до 86,4—129,5 *м³/сутки* (от 0,5 до 1—1,5 *л/сек*).

Воды меловых отложений могут быть использованы в основном для орошения плодородных земель, расположенных в предгорных аллювиальных равнинах.

Третичные отложения, представленные пестроцветными глинами с прослоями мергеля и песков, также содержат водоносные горизонты. Однако они непостоянны, маломощны и имеют сильно минерализованную воду хлоридно-натриевого состава. Дебиты изменяются от сотых до десятых долей кубометра в сутки.

В силу незначительного распространения, малой производительности и высокой минерализации воды третичных отложений практически не используются.

Сыр-Дарьинская аллювиальная равнина

Сыр-Дарьинская аллювиальная равнина широкой полосой (до 100 *км*) простирается вдоль р. Сыр-Дарьи с небольшим уклоном на северо-запад. С поверхности она сложена песчаными, супесчано-глинистыми и глинистыми аллювиальными отложениями четвертичного возраста мощностью 10—30 *м*, местами — более. В этой равнине имеется один выдержанный водоносный горизонт, приуроченный к песчаным и песчано-глинистым отложениям. Основное направление движения грунтовых вод совпадает с уклоном поверхности равнины. Местами, где р. Сыр-Дарья течет на возвышенных участках, движение грунтовых вод направлено в глубь аллювиальной равнины.

Формирование грунтовых вод происходит за счет фильтрации поверхностных вод из реки, ирригационных каналов и отчасти атмосферных осадков. Глубина их залегания изменяется от одного до 30 и более метров. По глубине залегания грунтовых вод выделены четыре участка, которые характеризуются также различным качеством и дебитом грунтовых вод.

Первый участок охватывает территорию, примыкающую к большим действующим каналам, озерам, р. Сыр-Дарье и ее притокам (рис. 73).

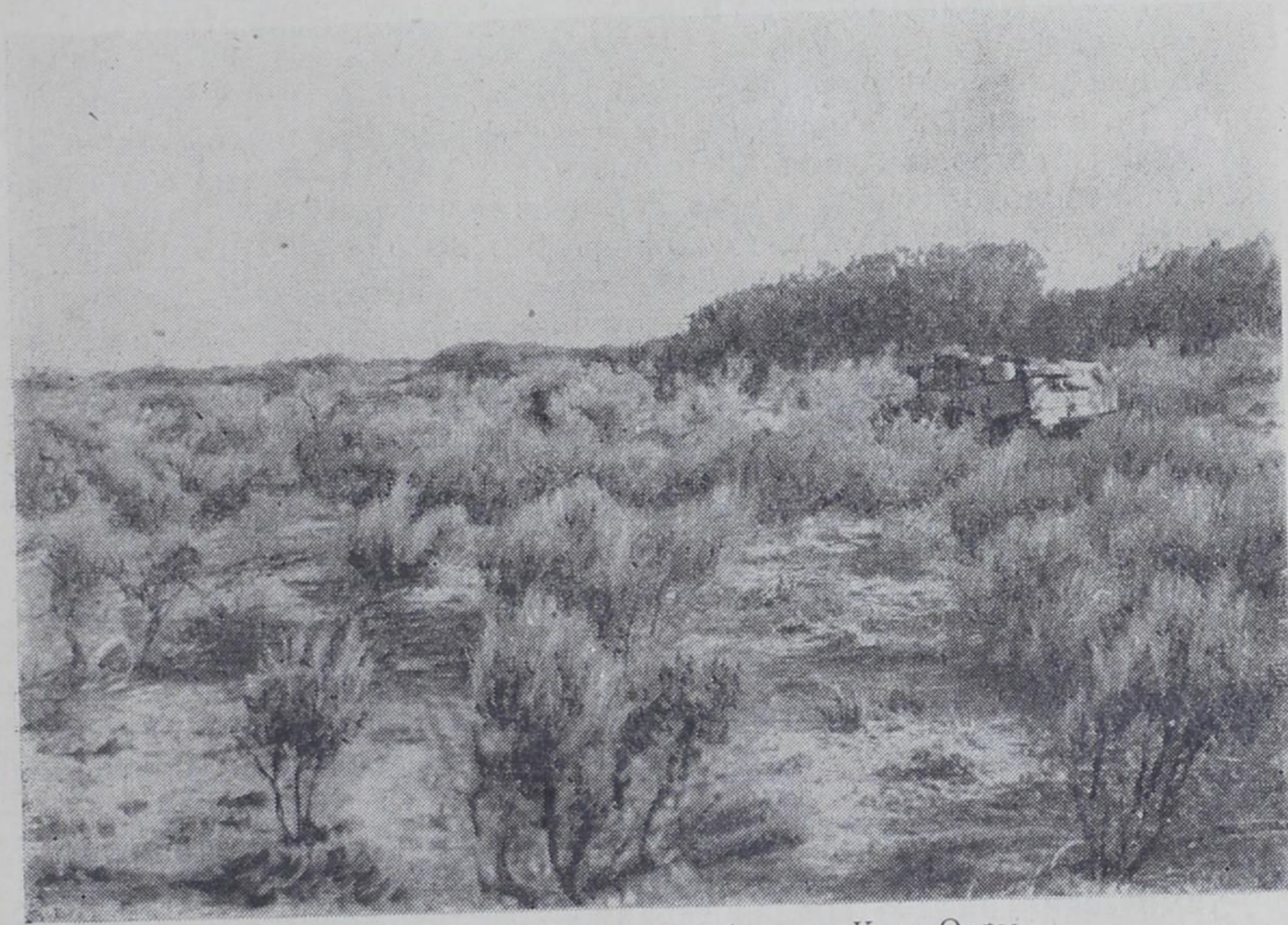


Рис. 73. Пойма р. Сыр-Дарьи вблизи г. Кзыл-Орды.

Водоносный горизонт представлен здесь песчаными разностями мощностью до 60 *м* Глубина залегания грунтовых вод не превышает 5 *м*.

Коэффициент фильтрации водоносных песков изменяется от 5,18 до 12 *м/сутки* (Федин, 1952), величина водоотдачи в зоне колебания уровня грунтовых вод — от 0,09 до 0,25.

Так как основное питание грунтовых вод происходит за счет фильтрации из реки, то они преимущественно пресные и слабосолоноватые, с плотным остатком до 3 *г/л*, от гидрокарбонатно-сульфатно-натриевых до гидрокарбонатно-кальциевых и сульфатно-магниевых.

Химический состав воды р. Сыр-Дарьи у г. Кзыл-Орды такой:

$$M_{0,5}\ \frac{C^{20,9}_{0,20}\,S^{23,8}_{0,18}\,Cl^{5,3}_{0,04}}{Na^{15,7}_{0,08}\,Ca^{25,4}_{0,07}\,Mg^{8,9}_{0,017}}.$$

Химический состав вод из скважин, расположенных на расстоянии 0,5 и 2,5 *км* от р. Сыр-Дарьи, следующий:

$$M_{(0,6-2,6)}\ \frac{C^{33,2}_{0,43}\,S^{11,8}_{0,12}\,Cl^{5}_{0,037} - S^{35,9}_{1,38}\,C^{7,9}_{0,38}\,Cl^{6,2}_{0,18}}{Ca^{25,4}_{0,11}\,Na^{15,7}_{0,07}\,Mg^{8,9}_{0,022} - Mg^{33,7}_{0,31}\,Ca^{9,1}_{0,16}\,Na^{7,2}_{0,15}}.$$

Наблюдается определенная закономерность в распределении минерализации: по мере удаления от реки, каналов и поливных участков минерализация грунтовых вод постепенно возрастает.

Дебиты скважин и колодцев незначительны и только в пойменной полосе достигают 8,6—43,2 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*). Более значительными являются потоки, приуроченные к песчано-галечниковым породам современного аллювия р. Сыр-Дарьи. Ширина потока изменяется от нескольких сот метров до 5—6 *км*. По качеству воды пресные, с плотным остатком до 1 *г/л*. По данным В. И. Дмитровского, из одиночных выработок (район г. Кзыл-Орды) можно получить до 1290—1720 *м³/сутки* (15—20 *л/сек*).

Общие многолетние запасы вод на площади 18 000 *км²* при средней мощности водоносного горизонта 10 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 составляют 27 млрд. *м³*, или 1,5 млн. *м³* на 1 *км²*. Из них на долю пресных и слабосолоноватых вод — до 3 *г/л* (на площади 12 000 *км²*) — приходится 18 млрд. *м³*, а на долю солоноватых (от 3 до 5 *г/л*) —9 млрд. *м³*.

При непрерывной сработке 50% только пресных и слабосолоноватых вод в течение 50 лет можно получить до 5,8 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации с перерывами запасы увеличатся до 11,6 *м³/сек*). Расходные модули составят 0,3 (0,6) *л/сек* с 1 *км²*.

При условии использования 80% многолетних ресурсов водозабор воды может быть доведен до 9,3 *м³/сек* (при нормальной эксплуатации с перерывами —18,6 *м³/сек*). Расходные модули — соответственно 0,5 (1,0) *л/сек* с 1 *км²*.

Эксплуатационные расходы почти в 2 раза превосходят возобновляемые.

Второй участок с глубиной залегания грунтовых вод от 5—10 до 15 *м*. Воды на такой глубине вскрываются на возвышенных участках орошаемой территории и вдоль крупных сухих русел вне орошаемой территории.

Минерализация грунтовых вод изменяется от 3 до 5 *г/л*, они имеют преимущественно сульфатно-хлоридный и сульфатный состав.

Химический анализ вод из скважин, расположенных в районе ст. Кара-Узяк (на орошаемой территории), следующий:

$$M_{(3,4-4,7)}\ \frac{S^{23,8}_{1,276}\,Cl^{22,4}_{0,884}\,C^{3,8}_{0,256} - S^{28,2}_{2,139}\,C^{11,8}_{1,140}\,Cl^{10}_{0,558}}{Na^{35,9}_{0,813}\,Mg^{7,8}_{0,103}\,Ca^{6,3}_{0,104} - Mg^{25,3}_{0,473}\,Na^{15,54}_{0,576}\,Ca^{9,2}_{0,288}}.$$

Дебиты скважин и колодцев колеблются от 0,86—8,6 (0,01—0,1) до 17,2—43,2 *м³/сутки* (0,2—0,5 *л/сек*).

Третий участок охватывает территорию распространения такырной равнины (рис. 74). Здесь грунтовые воды залегают на глубине 10—30 *м*, сильно минерализованы, с плотным остатком 10—50 *г/л*, преимущественно сульфатного и хлоридного состава.

Рис. 74. Такыровидная равнина в низовьях р. Сыр-Дарьи.

Химический анализ вод из скважин, расположенных на равнине Дарьялык-Такыр, следующий:

$$M_{(10,1-51,7)}\frac{S^{28,4}_{5,16}\,Cl^{20}_{2,64}\,C^{1,6}_{0,45}-Cl^{28,8}_{16,8}\,S^{20}_{15,8}\,C^{1,2}_{1,15}}{Mg^{24,1}_{0,97}\,Na^{21}_{0,44}\,Ca^{4,9}_{0,35}-Na^{32,3}_{12,19}\,Mg^{15,2}_{3,04}\,Ca^{2,5}_{0,82}}.$$

Производительность горизонта измеряется сотыми и десятыми долями кубометра в сутки.

И, наконец, участки равнины с покровом мелких бугристых песков выделены в *четвертый участок*. Грунтовые воды здесь залегают на глубине до 5, местами до 10 *м*. В основном они пресные, с плотным остатком до 1 *г/л*, и пестрые с преобладанием пресных и слабосолоноватых. Химический состав вод из колодца, расположенного среди бугристых песков, таков:

$$M_{0,69}\frac{C^{20,1}_{0,292}\,S^{22,4}_{0,257}\,Cl^{7,5}_{0,063}}{Na^{19,9}_{0,107}\,Ca^{15}_{0,072}\,Mg^{15,1}_{0,044}}.$$

Прогнозные многолетние запасы пресных вод на площади 1000 *км*^{2} при мощности водоносных песков 15 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 составляют 2,2 млрд. *м*^{3}, или 2,2 млн. *м*^{3} на 1 *км*^{2}. Запасы этих вод, хотя и невелики, но они могут применяться для питьевых и хозяйственных нужд. В настоящее время пресные воды используются для питья и водопоя скота.

Эксплуатируются шахтными колодцами глубиной от 5—10 до 15 *м*.

Арысь-Бугуньская аллювиальная равнина

Аллювиальная равнина расположена к западу от Джабаглинских гор и протягивается вдоль хребта Каратау, занимая юго-западные склоны и предгорья. На юге подрайон граничит с Коржунтау-Казыкуртской предгорной равниной, на юго-западе — с Сыр-Дарьинской аллювиальной равниной.

Довольно значительно распространены в пределах аллювиальной равнины грунтовые воды в крупнопористых рыхлообломочных четвертичных отложениях. Последние представлены преимущественно галечниками, конгломератами и крупными песками и отличаются значительной мощностью и большой производительностью.

Питание грунтовых вод здесь происходит за счет речных вод и атмосферных осадков.

Воды встречаются на глубине 5 *м* вдоль русел и от 5—10 до 10—30 *м* на значительно удаленных от реки участках. Южнее, на более пониженных участках рельефа, воды выклиниваются на поверхность земли в виде многочисленных источников. Наблюдается целая цепь источников у г. Чимкента и в 15—20 *км* западнее от него, расходы которых изменяются в пределах от 69 до 3440—4300 *м³/сутки* (от 0,8 до 40—50 *л/сек*). Суммарный расход всех источников достигает 430 000 *м³/сутки* (5 *м³/сек*). М. М. Сорокиным в 1946 г. подсчитан расход группы источников Качкарата у г. Чимкента, равный 90 300 *м³/сутки*, или более 1 *м³/сек*.

В целом по качеству грунтовые воды предгорной равнины пресные и слабосолоноватые, с плотным остатком до 3 *г/л* (состав гидрокарбонатный и смешанный), только на участках близкого залегания сильно засоленных третичных глин встречаются воды с пестрой минерализацией, где преобладают солоноватые и соленые (состав сульфатно-натриевый).

Химический анализ вод из скважин, расположенных на предгорной равнине Каратау, следующий:

$$M_{(0,7-33,4)} \frac{C^{28}_{0,475}\, S^{13}_{0,176}\, Cl^{9}_{0,093} - S^{27}_{14,089}\, Cl^{22}_{8,946}\, C^{10}_{0,63}}{Ca^{20}_{0,112}\, Mg^{14}_{0,047}\, Na^{16}_{0,104} - Na^{27}_{6,785}\, Mg^{20}_{2,69}\, Ca^{3}_{0,63}}.$$

Прогнозные многолетние ресурсы пресных грунтовых вод аллювиальной равнины, занимающей площадь 5625 *км²*, при средней мощности водоносного горизонта 20 *м* и величине водоотдачи 0,18 составляют около 20 млрд. *м³*, или 3,6 млн. *м³* на 1 *км²*. При условии использования 50% этих запасов в течение 100 лет представляется возможность получить 3,2 *м³/сек* воды. При нормальной эксплуатации с перерывами запасы увеличатся до 6,4 *м³/сек*. Расходные модули при этом соответственно будут равны 0,5 (1) *л/сек* с 1 *км²*. При условии использования 80% многолетних запасов водозабор может быть доведен до 5 *м³/сек* (при эксплуатации с перерывами — 10 *м³/сек*). Расходные модули будут составлять 0,8 (1,6) *л/сек* с 1 *км²*.

Столь большие запасы грунтовых вод аллювиальной равнины объясняются тем, что водоносные горизонты непрерывно пополняются водами за счет фильтрации из рек Арысь, Бадам, Бугунь и трещинно-карстовых вод Коржунтау-Казыкуртской предгорной равнины.

Грунтовые воды данного подрайона можно широко использовать для водоснабжения населенных пунктов и орошения полей. Эксплуатацию их целесообразно осуществлять с помощью скважин глубиной до 50 *м*, а в местах близкого залегания — с помощью шахтных и трубчатых колодцев глубиной до 10—20 *м*.

Голодностепская аллювиальная равнина

Гидрогеологический подрайон расположен к северу от Туркестанского и Нуратинского хребтов и в большей своей части находится за пределами республики. Эта обширная аллювиально-пролювиальная равнина сложена тонко- и мелкозернистыми, местами гравийными песками с прослойками суглинков и глин общей мощностью, по данным М. М. Сорокина за 1946 г., до 130 *м*.

Водоносные горизонты приурочены к лёссовидным пылеватым супесям и песчано-гравийным отложениям.

Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 5—10 до 10—30 *м*. По качеству воды очень пестрые. Наряду с солоноватыми и слабосолеными с плотным остатком от 3 до 10 *г/л* встречаются сильноминерализованные воды с плотным остатком 10—50 *г/л*.

В распределении минерализации наблюдается следующая закономерность: в северо-западной части равнины преимущественно распространены воды с минерализацией 5—10 *г/л*, в центральной —20—25 *г/л*, а в полосе, примыкающей к предгорной равнине, плотный остаток не превышает 1 *г/л*.

Водоотдача водоносного комплекса незначительная — дебит колодцев не превышает 8,6—43 *м³/сутки* (0,1—0,5 *л/сек*).

Основными источниками питания вод Голодностепской равнины являются трещинные воды Туркестанского и Нуратинского хребтов и поверхностные воды р. Сыр-Дарьи и ее притоков Келес и Чирчик.

Ввиду слабой изученности водоносных горизонтов и пестрого химического состава прогнозные многолетние запасы подземных вод не подсчитывались.

Пресные и слабосолоноватые воды равнины могут быть широко использованы в народном хозяйстве. Эксплуатируются они скважинами глубиной до 50 *м*, а в местах неглубокого залегания — шахтными колодцами глубиной до 10—15 *м*.

Кзылкумская бугристо-грядовая равнина

Бугристо-грядовая равнина Северных Кзылкумов, простирающаяся от берегов Аральского моря на восток примерно на 350 *км* и с севера от р. Сыр-Дарьи на юг на 250 *км*, представляет поверхность четвертой эрозионно-аккумулятивной террасы.

Большое распространение в пределах песчаной равнины получили поровые воды. Водовмещающими породами являются преимущественно мелкозернистые и разнозернистые пылеватые пески.

Глубина залегания грунтовых вод и их качество очень тесно связаны с рельефом самого песчаного массива. Пресные и слабосолоноватые грунтовые воды неглубокого залегания (5—10 *м*) приурочены главным образом к участкам развеваемых и слабозакрепленных бугристых песков. В обширных межгрядовых понижениях и под грядами грунтовые воды залегают на значительной глубине (10—30 *м* и более).

Воды песчаных равнин в целом характеризуются пестрой минерализацией. Пресные и слабосолоноватые (до 3 *г/л*) преобладают в восточной части песчаного массива, в северной преобладают солоноватые и соленые воды с плотным остатком 10—50 *г/л*. На участках, где водоносные горизонты подстилаются сильнозасоленными отложениями палеогена, минерализация их увеличивается до 75—80 *г/л*. Состав вод хлоридно-натриевый. Повышенные глинистость и пылеватость отложений водовмещающего комплекса обусловливают слабую их водоотдачу.

Дебиты колодцев и скважин, вскрывающих верхнюю часть горизонта, не превышают 1,7—4,3 *м³/сутки* (0,2—0,5 *л/сек*) при незначительных понижениях.

Северные Кзылкумы содержат большие ресурсы грунтовых вод. Вековые многолетние запасы преимущественно пресных и слабосолоноватых вод восточной части песков на площади 33 750 *км²* при средней мощности водоносного горизонта 30 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15 составляют более 150 млрд. *м³*, или 4,5 млн. *м³* на 1 *км²*. При непрерывном использовании только половины многолетних запасов в течение 100 лет ежесекундный расход грунтовых вод будет равен 24 *м³* (при нормальной эксплуатации с перерывами расход увеличится до 48 *м³/сек*). Расходные модули составят 0,8 (1,6) *л/сек* с 1 *км²*.

В случае использования 80% многолетних запасов в течение 100 лет ежесекундный расход грунтовых вод увеличится до 38 *м³* (при нормальной эксплуатации — до 76 *м³/сек*). Расходные модули соответственно будут равны 1,2 (2,4) *л/сек* с 1 *км²*.

Пресные и слабосолоноватые грунтовые воды большей части песчаной равнины могут быть использованы для обеспечения нужд пастбищного животноводства и оазисного орошения.

В местах близкого залегания грунтовые воды можно эксплуатировать с помощью шахтных колодцев глубиной до 15—20 *м*. Для оазисного орошения должны быть сооружены трубчатые колодцы глубиной 30—50 и более метров.

Подрайон прибрежно-морской равнины

По восточному побережью Аральского моря узкой полосой распространены морские отложения, представленные песчано-глинистыми разностями. Воды, связанные с указанными комплексами отложений, сильно минерализованы (более 50 *г/л*) и имеют соленый и горько-соленый вкус. Плотного остатка в грунтовой воде значительно больше, чем в Аральском море.

В силу высокой минерализации воды прибрежно-морской равнины не могут быть использованы.

Артезианские воды

Наряду с грунтовыми на территории района широко развиты артезианские воды (рис. 75).

В 1949 г. при глубоком бурении В. И. Дмитровским и М. М. Сорокиным было установлено, что в меловых отложениях Сарыбулакского района существует несколько напорных и самоизливающихся водоносных горизонтов. Как показали дальнейшие прогнозные исследования, меловые (сенонские и сеноманские) водоносные горизонты занимают огромные пространства Арысь-Кзылкумской депрессии. В пределах этой депрессии в 1954 г. У. М. Ахмедсафиным были выделены Кзылкумский, Келесский и Арысский артезианские бассейны (рис. 76).

Область питания артезианских бассейнов находится в пределах высокогорных хребтов Каратау, Таласского Алатау, Чаткальских и Кураминских гор, где меловые породы, поглощающие талые и атмосферные воды, выходят на дневную поверхность или залегают на небольшой глубине. По мере удаления на запад и северо-запад меловые водоносные пласты погружаются на большую глубину, и воды приобретают большой напор. Условия залегания и формирования подземных вод артезианских бассейнов, их прогнозные запасы рассмотрены в работе

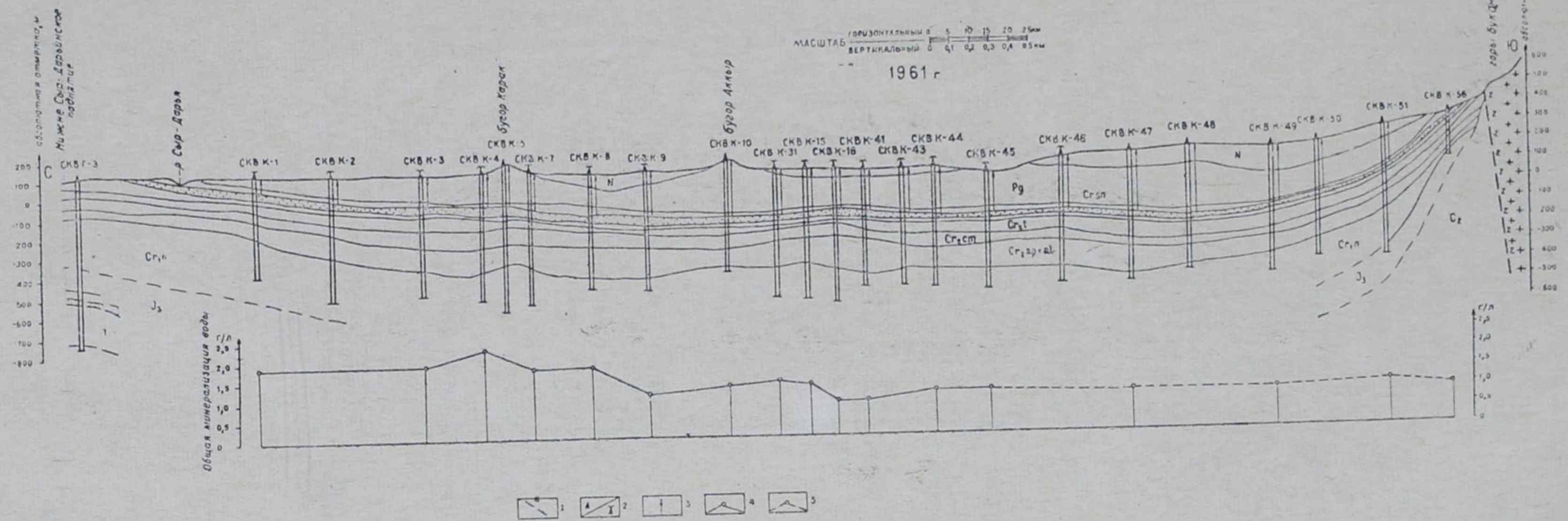


Рис. 75. Гидрогеологический разрез Арало-Кзылкумской впадины по линии ст. Тюратам — г. Букантау (по данным И. Б. Дальяна и Ж. Сыдыкова).

1—тектонический разлом; *2*—скважины напорные, самоизливающиеся; *3*—пьезометрический уровень воды; *4*—общая минерализация воды, *г/л* (по данным химанализов); *5* — общая минерализация воды, *г/л* (по каротажным данным).

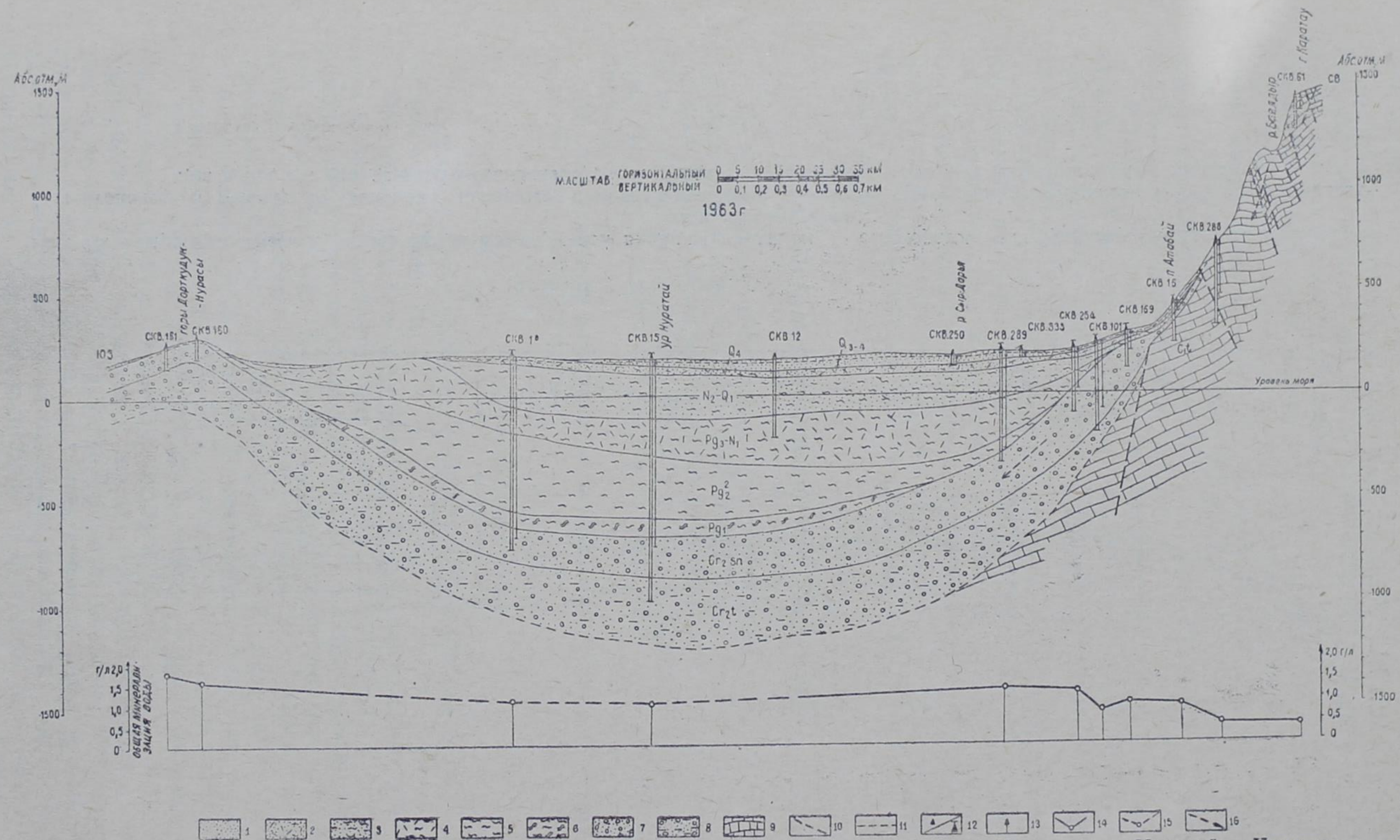


Рис. 76. Гидрогеологический разрез восточной части песков Кзылкум по линии гор Дорткудук — Нуратай — Каратау.

1—пески разнозернистые; *2*—пески, реже супеси, суглинки; *3*—песчаные глины, реже конгломераты; *4* — глины, песчаники, реже аргиллиты; *5* — глины, алевролиты, реже песчаники; *6* — аргиллиты, глины; *7* — пески, гравелиты, конгломераты, реже песчаники; *8* — пески, конгломераты, аргиллиты, реже песчаники; *9* — известняки, доломиты, реже песчаники; *10* — тектонические разломы; *11* — уровень грунтовых вод; *12* — скважины напорные, самоизливающиеся; *13*—пьезометрический уровень воды; *14*—общая минерализация воды, *г/л* (по данным химанализа), *15*— общая минерализация воды, *г/л* (по каротажным данным); *16* — направление движения напорных вод.

«Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (Ахмедсафин, 1961).

В связи с этим здесь дается только очень краткая характеристика основных параметров артезианских вод.

Артезианские воды связаны с песчаными (сенон-сеноманскими) отложениями мелового возраста мощностью от 20 до 100—120 *м*. В зоне предгорных равнин глубина залегания их колеблется от 100—300 *м* у подножия гор до 800—1000 *м* в центральной части Арысской депрессии. В пределах Кзылкумов они в большинстве случаев залегают на глубине 200—300 *м*.

Преобладающая производительность водоносных горизонтов — 430—4300 *м*^{3}/*сутки* (5—50 *л/сек*).

Прогнозные вековые ресурсы Арысь-Кзылкумской депрессии превышают 1200 млрд. *м*^{3}, или 4 млн. *м*^{3} на 1 *км*^{2}. При непрерывном использовании только половины многолетних запасов в течение 100 лет расход артезианских вод Арысь-Кзылкумской депрессии с учетом возобновляемых составит 200 *м*^{3}/*сек* (при сезонном использовании — 400 *м*^{3}/*сек*). Расходные модули при этом будут равны 0,9 (1,8) *л/сек* с 1 *км*^{2}. В случае 80-процентной сработки расход можно увеличить до 320 (640) *м*^{3}/*сек*.

Артезианские воды, имеющие большой напор и высокий дебит, не требуют больших затрат при эксплуатации и поэтому могут быть широко использованы для орошения плодородных земель, расположенных в предгорных и аллювиальных равнинах Чимкентской и Кзыл-Ординской областей.

Проходкой и оборудованием скважин глубиной 100—300 *м* в северных частях массива и 300—500 *м* в южных можно разрешить проблему обводнения пастбищ, оазисного орошения в Кзылкумах (Ахмедсафин, 1961).

* * *

Таким образом, все учтенные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод гидрогеологического района Присырдарьинской плоской и бугристо-грядовой равнин составляют 236 *м*^{3}/*сек*. Из них грунтовых вод на площади около 60 000 *км*^{2} при 50-процентном и непрерывном использовании — 36 *м*^{3}/*сек* (при нормальной эксплуатации в вегетационный период и в определенные часы суток эксплуатационный расход можно увеличить до 72 *м*^{3}/*сек*). Расходные модули при этом будут равны 0,5 (1,0) *л/сек* с 1 *км*^{2}. При 80-процентном использовании эксплуатационные ресурсы возрастут до 58 (116) *м*^{3}/*сек*, а модули расходования — до 0,9 (1,8) *л/сек* с 1 *км*^{2}.

Эксплуатационные запасы артезианских вод на площади 219 000 *км*^{2} при 50-процентном использовании составляют 200 (400) *м*^{3}/*сек* и расходные модули — 0,9 (1,8) *л/сек* с 1 *км*^{2}, а при 80-процентном они возрастут до 320 (640) *м*^{3}/*сек* и расходные модули — до 1,4 (2,8) *л/сек* с 1 *км*^{2}.

При расчетах упругие запасы напорных вод во внимание не принимались.

XX. УРАЛТАУ-МУГОДЖАРСКАЯ НИЗКОГОРНАЯ И МЕЛКОСОПОЧНАЯ ВОЗВЫШЕННОСТЬ

Ж. С. СЫДЫКОВ

Гидрогеологический район занимает меридионально вытянутую полосу в центральной части Актюбинской области. Морфологически он представляет сложнорасчлененную горно-островную страну, характеризующуюся резко континентальным климатом с относительно малым количеством атмосферных осадков (250—350 *мм* в год) и высокой испаряемостью (750—850 *мм* в год).

В центральной части рассматриваемого района прослеживаются слаборасчлененные древние плато (Уралтауское — на северо-западе и Центрально-Мугоджарское — на востоке), сложенные глубокометаморфизованными, собранными в сложные складки изверженными и осадочными породами большой мощности. К ним по обоим склонам причленяются сильнорасчлененные мелкосопочные равнины, переходящие на севере (близ р. Урала) и юге в низкогорья. В строении их принимает участие мощная формация осадочных и зеленокаменных вулканогенных пород среднего и верхнего палеозоя. К западу от Уралтауского плоскогорья эта формация перекрывается столь же мощной толщей флишеподобных и хемогенных пород верхнего карбона и перми, образуя так называемую зону периклинального прогиба. Все эти образования, особенно нижние — допалеозойские и нижне- и среднепалеозойские — сложно дислоцированы, разорваны глубокими нарушениями и интрузиями различных размеров.

К востоку от Южного Уралтау до Северо-Западных Мугоджар простираются Алимбетовская, Орская и Донская депрессии, выполненные угленосными юрскими и песчано-карбонатными мел-палеогеновыми отложениями мощностью до 300—450 *м*. Местами краевые зоны Уралтау-Мугоджарской складчатой системы прикрыты сравнительно маломощными (до 100—150 *м*) песчаными, песчано-глинистыми и кремнисто-карбонатными породами юры, мела и палеоген-неогена, а в долинах лежат четвертичные аллювиальные образования (до 25 *м*).

Гидрогеологически район является основной областью формирования и интенсивной циркуляции подземных вод допалеозойских, палеозойских и отчасти мезозойских отложений, принимающих активное участие в питании подземных вод прилегающих районов. Подземные воды приурочены почти ко всем названным геологическим формациям.

Площадь распространения подземных вод метаморфического комплекса допалеозойских и нижнепалеозойских пород охватывает возвышенную водораздельную, относительно слаборасчлененную часть

Южного Урала и Центральных Мугоджар, где они приурочены к глубокометаморфизованным комплексам — гнейсам, гранито-гнейсам, амфиболитам, кристаллическим сланцам и кварцитам, начиная от докембрия и включая нижний силур.

Подземные воды приурочены к верхней, наиболее трещиноватой, зоне комплекса и вскрыты в зависимости от рельефа на глубине от 5—10 до 40—60 *м*, а у подножия возвышенностей и на склонах речных долин и других дренажных сетей дают начало источникам. Мощность водоносной зоны, обусловленной глубиной развития эффективной трещиноватости пород, варьирует от 15—25 (на водоразделах) до 40—50 *м* (в понижениях). Дебиты родников колеблются от десятых долей до 40—60 *м*³/*сутки*, или до 0,5—0,7 *л*/*сек*. Отдельные родники дают 100—400 *м*³/*сутки* (1—5 *л*/*сек*) воды. Но преобладают родники с дебитом 10—25 *м*³/*сутки* (0,1—0,3 *л*/*сек*).

Воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией от 0,3—0,5 до 2 *г*/*л*. Лишь на отдельных, сложенных слаботрещиноватыми породами, слабодренированных участках минерализация воды достигает 5—8 *г*/*л*. Химический состав воды изменяется от гидрокарбонатного кальциевого (на хорошо дренированных участках) до хлор натриевого (в основном в центральных частях плоскогорья). Вблизи тектонических разломов и речных долин отмечены воды смешанного состава. Наиболее характерный химический состав подземных вод комплекса по видоизмененной формуле М. Г. Курлова (Ахмедсафин, Сыдыков, 1961) выражается в следующем виде (источник у пос. Дзержинского Степного района и скважина, заложенная в Ярославском совхозе Карабутакского района):

$$M_{(0,3-1,2)} \frac{C^{33}_{0,20}\, Cl^{11}_{0,04}\, S^{6}_{0,03} - Cl^{43}_{0,59}\, C^{4}_{0,\ 0}\, S^{3}_{0,06}}{Ca^{24}_{0,05}\, Na^{14}_{0,03}\, Mg^{12}_{0,01} - Na^{33}_{0,30}\, Ca^{9}_{0,07}\, Mg^{8}_{0,04}}.$$

Ввиду того, что ряд параметров водоносного комплекса, необходимых для подсчета запасов подземных вод, в настоящее время не выяснен, общие вековые запасы их не могут быть вычислены.

Среди описываемого комплекса наибольшей водообильностью отличаются кристаллические сланцы и гранито-гнейсы, особенно окраинных зон водоразделов, в пределах которых дебиты скважин и колодцев составляют 10—30 *м*³/*сутки* (или 0,15—0,35 *л*/*сек*) при понижении уровня воды до 10 *м*. Дебиты некоторых родников здесь достигают 400—435 *м*³/*сутки* (5 *л*/*сек*). Ориентировочные общие расходы родников и источников, питающих поверхностные водотоки этой зоны, учтенные в различные годы и сезоны, составляют, по нашим данным, около 100—120 *л*/*сек*. Это значительно меньше величины годового пополнения подземных вод комплекса. Величина годового пополнения (Q), принимая в расчет только площадь обнаженной части водоносного комплекса ($F = 3000$ *км*²) и среднюю величину коэффициента инфильтрации ($\alpha = 0,10$) атмосферных осадков лишь холодного периода года ($M = 100$ *мм*) по известной формуле $Q = 1000\, M\alpha F$ (Плотников, 1959), составляет ориентировочно 30 млн. *м*³. Исходя из этих данных, величина годового забора воды из водоносного горизонта метаморфических пород, даже без учета вековых запасов, составит около 1 *м*³/*сек*.

Относительно низкая водообильность пород и в известной мере спорадический характер распространения в них подземных вод не позволяют рекомендовать для их эксплуатации заложение скважин. Они могут быть использованы в основном путем расчистки и улучшения каптажа родников и заложения неглубоких (1—10 *м*) колодцев в толще элювиально-делювиального покрова, где выклиниваются воды водонос-

ного комплекса. Таким путем можно удовлетворить запросы потребителей, расходующих до 1—5 *л/сек* воды.

Площадь распространения подземных вод интрузивных и эффузивно-осадочных пород среднего палеозоя занимает обширную краевую зону Уралтау-Мугоджарской низкогорной и мелкосопочной возвышенности. Здесь по характеру расчленения, разрушенности и по степени водообильности водосодержащие интрузивные породы довольно сходны с их эффузивными аналогами, нередко перемежающимися с узкими полосами осадочных образований. Поэтому описание их водоносности дается вместе.

Весь комплекс интенсивно разбит трещинами, которые за пределами зон разломов (где они достигают глубины нескольких сот метров) прослеживаются до глубины 50—60 *м* от кровли пород. Глубина залегания зеркала воды в зависимости от рельефа колеблется от 0 до 50—70 *м*, а в среднем составляет 25—30 *м*. Следовательно, мощность водоносной толщи в среднем может быть принята равной 25—30 *м*. В указанном интервале величина коэффициента трещиноватости составляет 0,02—0,03, а коэффициент просачивания атмосферных осадков в холодный период (для районов Южного Уралтау) — 0,15.

Расходы водопунктов в зависимости от трещиноватости пород и дренированности рельефа колеблются от сотых долей до 120—150 *м³/сутки*, или 1—1,7 *л/сек;* некоторые скважины, заложенные в крупном Кемпирсайском массиве ультрабазитов, дают расход 130—165 *м³/сутки* (1,5—1,9 *л/сек*) при понижении уровня до 25 *м*. Отдельные родники западной зеленокаменной зоны Мугоджар имеют расход 500—864 *м³/сутки* (5—10 *л/сек*). Отсюда берут начало довольно крупные ручейки и непересыхающие речки — верхние притоки рек Эмбы, Ори и Иргиза. Только в пределах рудных карьеров Кемпирсая суммарный водоприток из ультраосновных пород в летнее время составляет 2,6—3,45 тыс. *м³/сутки*, или 32—40 *л/сек*, а водоотлив из карьеров рудника Хромтау достигает 23 *л/сек*. Суммарные расходы трех эксплуатационных скважин в пос. Хромтау составляют 2600 *м³/сутки* (3 *л/сек*), а из нескольких родников у ст. Никельтау получают 2040 *м³/сутки* (2,3 *л/сек*) воды. Таким образом, только на небольшой площади (порядка 20 *км²*) ультраосновного массива получено до 68 *л/сек*, или 5875 *м³/сутки*.

Подземные воды комплекса повсеместно пресные, с сухим остатком от 0,2 до 1 *г/л*, только местами минерализация воды достигает 1,5 *г/л*. По составу преобладают гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды, характерные для зон развития кислых и основных пород, и гидрокарбонатные магниевые, характерные для зон развития ультраосновных пород. Более минерализованные воды коры выветривания эффузивно-интрузивного комплекса имеют сульфатный и хлоридный (натриевый) состав.

Характерный химический состав подземных вод осадочно-вулканогенных пород и гранитоидов (родники в западной зеленокаменной полосе Мугоджар с минерализацией 0,26 и 0,38 *г/л*), а также ультраосновных пород Кемпирсайского массива (воды карьера с минерализацией 0,75 *г/л*) выражается в следующем виде:

$$M_{(0,26-0,38-0,75)} \frac{C^{39}_{0,16}\, Cl^{6}_{0,01}\, S^{5}_{0,02} - C^{33}_{0,21}\, Cl^{11}_{0,04}\, S^{6}_{0,03} - C^{31}_{0,42}\, Cl^{12}_{0,1}\, S^{7}_{0,09}}{Na^{29}_{0,05} Ca^{13}_{0,02}\, Mg^{8}_{0,01} - Na^{36}_{0,09}\, Ca^{9}_{0,02}\, Mg^{5}_{0,01} - Mg^{30}_{0,08}\, Na^{19}_{0,10}}.$$

Общие многолетние ресурсы трещинно-грунтовых вод комплекса, с учетом сильной расчлененности рельефа и глубокого вреза долин и оврагов, когда величина оттока подземных вод в дренажные сети и предгорные равнины достигает 50—60% от объема воды на всей площади водоносного комплекса (11 тыс. *км*^{2}), могут быть оценены в 3,6 млрд. *м*^{3}. Однако в условиях горного и возвышенного мелкосопочного рельефа для сравнительной оценки степени водообильности водоносных пород, слагающих бассейн трещинно-грунтовых вод, основным параметром может служить модуль подземного стока (M), который нами ориентировочно вычислен для южной низкогорной части Мугоджар на площади (F) около 2100 *км*^{2}. Здесь подземные воды комплекса сильно дренированы и служат основными источниками питания многочисленных речек, источников и родников, суммарные меженные расходы ($Q_м$) которых к концу лета составляют более 1400 *л/сек*. Следовательно, модуль подземного стока, обусловленного ежегодным пополнением атмосферными осадками, будет равен:

$$M = \frac{Q_м}{F} = \frac{1400}{2100} = 0{,}67 \text{ л/сек с 1 км}^2 \text{ площади.}$$

Эта величина может быть принята как среднее значение модуля подземного стока для всей площади распространения водоносного комплекса, так как наряду с возможностью наличия участков с меньшими значениями модуля имеются участки, где они больше 1 *л/сек* (например, в районах Кемпирсай и Донских хромитов).

Общие возобновляемые запасы трещинных грунтовых вод (Q) комплекса на всей его площади распространения (11 тыс. *км*^{2}) составляют $Q = 0{,}67 \times 11000 = 7{,}37$ *м*^{3}*/сек*.

Прогнозные эксплуатационные запасы пресных подземных вод комплекса при 50-процентной сработке их многолетних ресурсов в течение 50 лет вместе с возобновляемыми достигают 5,9 *м*^{3}*/сек* (в случае нормального использования расход будет равен 11,8 *м*^{3}*/сек*). Расходный модуль при этом составит 0,54 (1,08) *л/сек* с 1 *км*^{2}, что немного больше родникового стока.

Трещинно-грунтовые воды комплекса могут быть широко использованы для водоснабжения сельскохозяйственных и других объектов, потребляющих 5—10 *л/сек* воды каждый. Эксплуатация их может быть осуществлена путем каптажа источников или проходкой скважин на всю глубину интенсивно выветрелой трещиноватой зоны водовмещающих пород, т. е. на глубину до 50—70 *м*.

Площадь распространения подземных вод осадочных пород девонокарбона занимает Орь-Илекский водораздел и краевые части Мугоджар, где они приурочены к песчано-конгломератовым породам и известнякам с подчиненными слоями сланцев и эффузивов на востоке.

Подземные воды трещинного и трещинно-карстового типа, залегающие на разных глубинах, в Мугоджарах и в западной части Уралтау дают источники с расходом от единиц до 430—864 *м*^{3}*/сутки* (5—10 *л/сек*). В пределах Берчогурской мульды водопритоки в неглубокие (до 30 *м*) шахты на каждые 100 *м*^{2} площади составляют 0,04—0,55 *л/сек*. На востоке и северо-востоке Мугоджар они вскрыты на глубине 40—75 *м* и дают до 960 *м*^{3}*/сутки*, или до 11 *л/сек* воды при понижении на 2—3 *м*. На левобережье р. Орь производительность скважин, вскрывающих трещинно-карстовые воды известняков нижнего карбона на глубине 40—125 *м*, при самоизливе варьирует от 100—170 до 1814—3715 *м*^{3}*/сутки*, или от 1—2 до 21—43 *л/сек* (данные З. Т. Варламовой за

1955—1960 гг.). Коэффициент фильтрации известняков достигает здесь 27—35 *м/сутки*.

Воды девоно-карбоновых отложений почти повсеместно пресные, с минерализацией 1—1,5 *г/л*, преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава, а в составе повышенно минерализованных преобладают хлориды и сульфаты натрия. Характерный химический состав их, по данным анализа (шахты № 1 и 4 на месторождении Берчогур), может быть выражен в следующем виде:

$$M_{(0,5-2)} \frac{C^{26}_{0,28}\, S^{19}_{0,16}\, Cl^{5}_{0,03} - Cl^{26}_{0,64}\, S^{13}_{0,44}\, C^{11}_{0,45}}{Ca^{26}_{0,09} Mg^{14}_{0,03}\, Na^{10}_{0,04} - Na^{34}_{0,54}\, Mg^{9}_{0,08}\, Ca^{7}_{0,09}}.$$

Терригенные и терригенно-карбонатные девоно-карбоновые отложения Берчогурской мульды и Бакайской синклинали, а также толщи этих пород на левобережье р. Орь и западном склоне Тургайской впадины образуют артезианские бассейны. Общая площадь их в пределах указанных структур около 4000 *км*². По аналогии с ближайшими районами Южного Урала и Центрального Казахстана (Плотников и др., 1954; Калугин, 1957) коэффициент водоотдачи описываемого комплекса принимаем равным 0,06, а среднюю расчетную мощность водоносной толщи 50 *м*. Тогда общие вековые запасы подземных вод девоно-карбоновых структур составят ориентировочно 12 млрд. *м*³, или 3 млн. *м*³ с 1 *км*² площади водоносного комплекса. Непрерывная эксплуатация только половины этих запасов в расчете на 100 лет позволит получить 1,9 *м*³/*сек*, а при нормальной эксплуатации, т. е. в среднем в течение 12 часов в сутки, — 3,8 *м*³/*сек*. В настоящее время общие эксплуатационные запасы подземных вод известняков карбона для небольшой части левобережья р. Орь определены в количестве 325 *л/сек*.

Значительные выходы девоно-карбона по периферии мульд и поступление вод с обширных площадей более древних пород, слагающих приподнятые участки, создают благоприятные условия для ежегодного пополнения естественных запасов описываемого типа вод.

Таким образом, повышенная водообильность карбонатных отложений позволяет рассматривать их как важный источник централизованного водоснабжения довольно крупных водопотребителей (50—100 *л/сек*). На других участках распространения водоносного комплекса производительность подземных вод позволяет обеспечить запросы более мелких водопотребителей.

Централизованное водоснабжение может быть осуществлено с помощью скважин глубиной 60—100 *м* на окраине мульд и 200—300 *м* — ближе к их центру, а также путем проведения водопроводов.

Площадь распространения подземных вод пермо-триасовых отложений занимает обширную полосу антиклинальных структур Актюбинского Приуралья, где они приурочены к песчаникам, пескам и конгломератам весьма сложного строения. В целом отложения перми и триаса мощностью в несколько тысяч метров представлены тремя различными формациями: нижней, терригенно-карбонатной (песчаниками, конгломератами и мергелями сакмаро-артинского яруса), средней, терригенно-сульфатно-галогенной кунгурского яруса и верхней, красноцветной терригенной (песками, песчаниками и конгломератами верхней перми и триаса).

В верхней части всех формаций (до глубины 100—150 *м*) содержатся пресные воды с минерализацией до 1—2 *г/л*. Вскрываются они на глубине 20—25 *м* в понижениях и 100—120 *м* на водоразделах. Однако наиболее водообильным и более качественным является водонос-

ный комплекс нижней формации. Производительность водопунктов (родников и отдельных скважин) в среднем составляет 80—260 *м³/сутки*, что вполне удовлетворяет нужды небольших водопотребителей.

Вековые запасы подземных вод пермо-триасовых отложений только на площади поверхностного распространения водовмещающих пород, равной 3500 *км²*, при средней мощности зоны развития пресных и слабосолоноватых вод 50 *м* и величине водоотдачи 0,1 составляют около 17,5 млрд. *м³*. Повсеместная эксплуатация лишь половины этих запасов без учета годового пополнения при расчете на 100 лет позволяет получить 2,9 *м³/сек*, а при нормальной эксплуатации — расход увеличить вдвое. При этом расходные модули составляют соответственно 0,83 и 1,66 *л/сек* с 1 *км²* площади водоносного комплекса.

Площадь распространения подземных вод континентальной юры совпадает с областью развития песчаных водоносных образований в бассейне р. Илек, в западном предгорье Уралтау, в районе Орско-Донской депрессии (рис. 77).

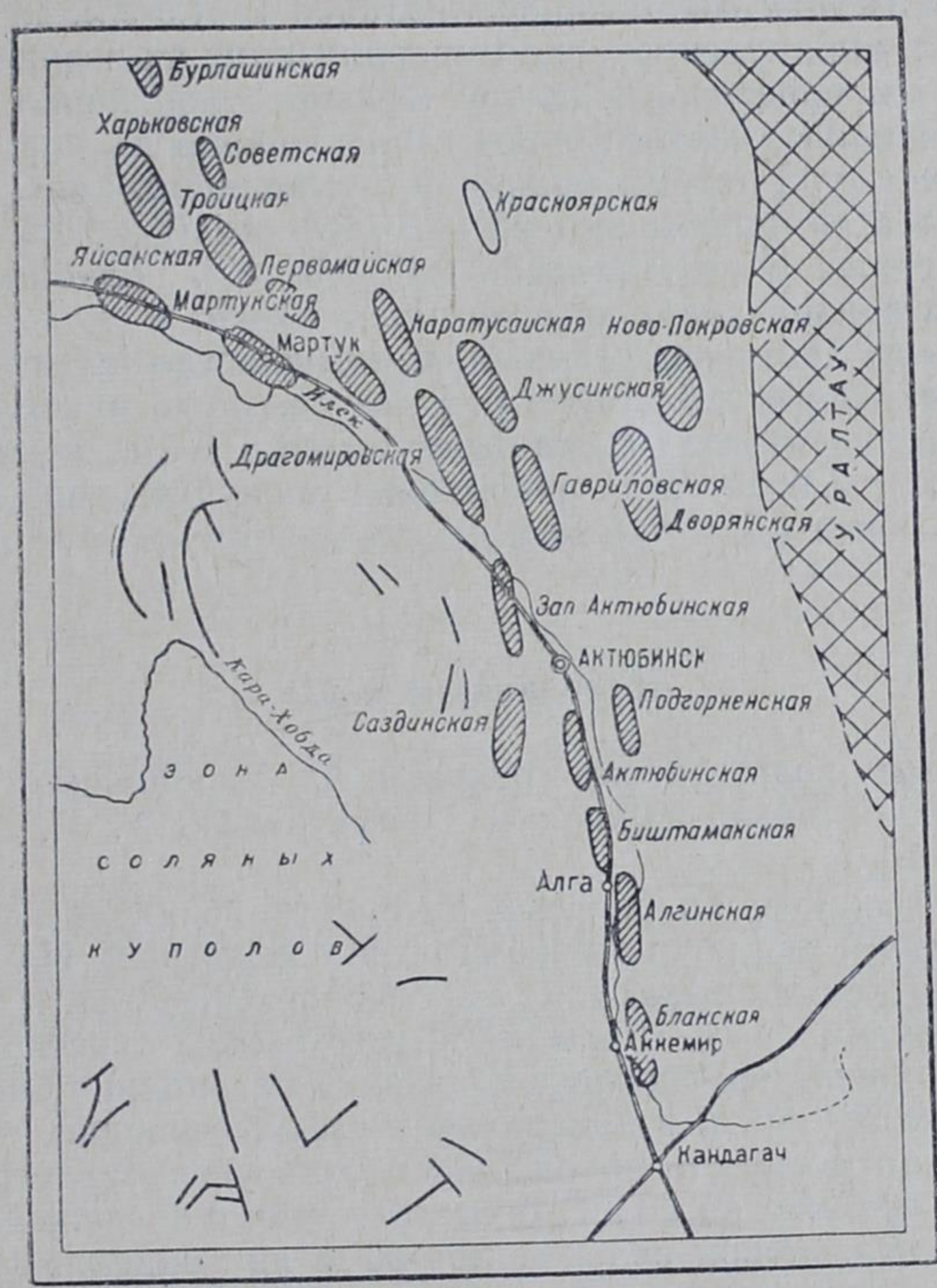


Рис. 77. Схема расположения мульд по среднеюрским отложениям (данные И. Б. Дальяна, 1962 г.).

В бассейне р. Илек водоносный комплекс состоит из нескольких сообщающихся между собой водоносных горизонтов мощностью от 2—5 до 10—20 *м*, в которых подземные воды вскрываются на глубине 3—35 *м*. Нижние горизонты содержат напорные артезианские воды.

Дебиты водопунктов, вскрывающих верхние слои комплекса, не превышают 25—70 *м³/сутки* (0,3—0,8 *л/сек*). Воды с минерализацией не более 0,8—1 *г/л* имеют следующий состав (скважины на Яйсанском месторождении):

$$M_{(0,34-1,0)} \frac{C^{40}_{0,29}\, S^{7}_{0,04}\, Cl^{3}_{0,01} - C^{37}_{0,65}\, S^{12}_{0,16}}{Ca^{26}_{0,06}\, Mg^{15}_{0,02}\, Na^{9}_{0,02} - Mg^{27}_{0,09}\, Ca^{18}_{0,11}\, Na^{5}_{0,03}}.$$

В районе Яйсанского буроугольного бассейна слабонапорные и напорные воды вскрыты скважинами на глубине 20—30 и 100—120 *м*. Мощность отдельных водоносных слоев 1—11 *м*, а суммарная —20—30 *м* (в среднем 25 *м*). Дебиты скважин при понижении на 0,75—3,8 *м* достигают 430 *м³/сутки* (5 *л/сек*), а удельные дебиты — от 0,02—0,1 до 4 *л/сек*. Величина водопритоков в отдельные шахты колеблется от 260 до 1048 *м³/сутки*, или от 3 до 12 *л/сек*, общий водоприток в шахты составляет 4,3—6 тыс. *м³/сутки* (50—70 *л/сек*). На юге — в шахтах Курашасая — общий водоприток равен 690—1048 *м³/сутки* (8—12 *л/сек*). Воды в основном пресные, с минерализацией 1—1,5 *г/л*, за исключением центральных частей прогибов, где минерализация их возрастает до 3 *г/л*.

В западном предгорье Уралтау юрские отложения слагают водораздельные равнины, поэтому воды в них хорошо дренированы овражно-балочной сетью. Расходы родников, выходящих на склонах этих оврагов и балок, не превышают 25—43 *м³/сутки* (0,3—0,5 *л/сек*). Качество воды хорошее, минерализация 0,1—0,8 *г/л*. Глубина залегания воды даже на водоразделах не превышает 15—20 *м*.

Многолетние запасы подземных, преимущественно грунтовых вод континентальной юры в бассейне р. Илек только в наиболее опресненных верхних их горизонтах составляют около 5 млрд. *м³*, что позволяет в течение 50 лет и без учета пополнения получить при непрерывной эксплуатации более 1,6, а только в дневное время — 3,2 *м³* пресной воды в секунду.

Артезианские воды

Артезианские воды юрских отложений Актюбинского и Орского Приуралья обстоятельно изложены в ряде работ У. М. Ахмедсафина (1957, 1960, 1961).

Одним из важнейших районов распространения артезианских вод юрских отложений является Орско-Донская депрессия. На севере и западе депрессии они вскрываются на глубине 18—30 *м*, в долинах рек Мамыт и Кзылкаин — 70—100 *м* и в центральной части депрессии — 120—150 *м*. Подошва водоносного горизонта на окраине бассейна залегает на глубине 30—50 *м*, в центральной части, очевидно, — на глубине до 300 *м*. Общая мощность водоносной толщи увеличивается от 15—20 до 50—60 *м* (в среднем на 30 *м*). В соответствии с погружением пластов возрастает высота напора воды от 20—30 *м* на окраине депрессии до 100—180 *м* в центральной части. Производительность скважин изменяется от 90—170 до 450—850 *м³/сутки*, или от 1—2 до 5—10 *л/сек* при понижении уровня воды на 1,5—17,3 *м*. Минерализация воды обычно не превышает 3 *г/л*, и только в осевой части встречаются воды с плотным остатком 4—6 *г/л*. Состав подземных вод варьирует от гидрокарбонатных кальциевых до хлоридных натриевых. Ниже приведены формулы анализов подземных вод хлоридного типа:

$$M_{(1,3-3,0)} \frac{Cl^{27}_{0,43}\, S^{14}_{0,29}\, C^{9}_{0,23} - Cl^{33}_{1,25}\, S^{13}_{0,65}\, C^{4}_{0,30}}{Na^{33}_{0,33}\, Mg^{9}_{0,05}\, Ca^{8}_{0,07} - Na^{24}_{0,58}\, Mg^{16}_{0,21}\, Ca^{10}_{0,22}}.$$

Водоносный комплекс напорных артезианских вод юрских отложений представляет собой один из перспективных горизонтов в Актюбинской области. Но водные ресурсы его пока почти не используются, хотя прогностически, вычисленные У. М. Ахмедсафиным (1959), вековые запасы пресных и слабосолоноватых вод лишь одного Орского (Донского) бассейна составляют 10 млрд. $м^3$. Только половина этих запасов в расчете на 100 лет при повсеместной непрерывной эксплуатации позволит получить более 1,6 $м^3$ пресной и слабосолоноватой воды в секунду путем заложения скважин глубиной от 50 до 300 *м*. При нормальной эксплуатации расходы могут быть увеличены вдвое.

Здесь же может быть отмечен водоносный комплекс средней юры Общего и Зауральского Сыртов, хотя они лежат в пределах Урало-Эмбенского гидрогеологического района. Представлен он мелкозернистыми песками, песчаниками и конгломератами, переслаивающимися с глиной. Суммарная мощность водоносных пачек 10—15 *м*. На Илек-Утвинском водоразделе воды залегают на глубине 20 *м*, Присыртовой полосе — 50—70 *м*. В том же направлении возрастает высота напора вод от 20 до 50 *м*. Дебиты скважин варьируют от 70—80 до 570 $м^3/сутки$, или от 0,8—1,0 до 6,6 *л/сек* при понижении уровня воды до 25 *м*.

По данным скважин, пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией 0,5—3 *г/л* и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридно-натриевого состава прослеживаются севернее Токаревского сброса и на Илек-Утвинском водоразделе на глубине 100—150 *м*. Следовательно, здесь они могут быть использованы для водоснабжения.

По данным Л. В. Скиргелло, коэффициент водоотдачи тонкозернистых песков составляет в среднем 0,1. В условиях залегания напорных вод, тем более при наличии рыхлых конгломератов и более грубозернистых песчаников, эта величина может быть увеличена до 0,12. Средняя мощность водоносных пород около 15 *м*. Площадь распространения почти 3000 $км^2$. Следовательно, вековые запасы пресных и слабосолоноватых вод Общего и Зауральского Сыртов составляют 5,4 млрд. $м^3$. За счет сработки половины запасов и без учета ежегодного пополнения в течение 50 лет непрерывной эксплуатации можно получить около 1,8 $м^3$ воды в секунду, или более 0,60 $м^3/сек$ с 1 $км^2$.

На остальных частях Западного Казахстана среднеюрские водоносные горизонты заключают соленые воды и поэтому они здесь не рассматриваются.

Характеристика грунтовых вод более молодых отложений Уралтау-Мугоджарского гидрогеологического района, не имеющего широкого распространения, дается при описании подземных вод аналогичных образований Урало-Эмбенского района, где они преимущественно распространены.

* * *

Таким образом, в пределах Уралтау-Мугоджарского низкогорного и возвышенного мелкосопочного района в толще скальных и полускальных пород допалеозоя, палеозоя и отчасти нижнего мезозоя заключены значительные запасы преимущественно пресных и слабосолоноватых вод грунтового и артезианского типов. Вековые и многолетние запасы их превышают 50 млрд. $м^3$ при величине годового пополнения подземных вод не менее 250 млн. $м^3$ за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. При повсеместном равномерном и непрерывном извлечении в течение 50 (в основном грунтовых вод) и 100 лет (артезианских вод) прогнозные эксплуатационные запасы пресных и

слабосолоноватых подземных вод составляют 16 *м³/сек*, а при использовании их только в дневное время — 32 *м³/сек*. Средние модули расхода при этом будут равны 0,5 (1) *л/сек* с 1 *км²* площади водоносных комплексов.

XXI. УРАЛО-ЭМБЕНСКОЕ ПЛАТО

Ж. С. СЫДЫКОВ, И. Б. ДАЛЬЯН

Рассматриваемый гидрогеологический район занимает западную часть Актюбинской и северную часть Западно-Казахстанской областей и включает территорию Предуральского (Урало-Эмбенского) плато, Общего и Зауральского Сыртов. Орографически представляет увалисто- и грядово-холмистую равнину, довольно часто и интенсивно расчлененную долинами и оврагами. Резкая континентальность и засушливость климата района обусловливают при сравнительно небольшом количестве атмосферных осадков (170—300 *мм* в год) значительно большую величину испаряемости (800—1000 *мм* в год) и относительную бедность территории постоянно действующими поверхностными водоисточниками.

Наиболее широко распространена в районе мощная толща меловых отложений (пески, глины, мергели и известняки), кое-где перекрытые палеогеновыми песками, глинами и опоками (преимущественно на востоке) и древнечетвертичными морскими (на западе и юго-западе) отложениями. На северо-востоке, северо-западе и на некоторых участках центральной части района обнажаются терригенные осадки юры и терригенно-хемогенные осадки перми и триаса. В разных местах района в толщу более древних отложений врезаны плиоцен-четвертичные речные долины с аллювием мощностью 70—80 *м*. На отдельных участках речных долин развиты эоловые образования. Нормальное залегание всех пород, особенно мезозойских и древних, осложнено многочисленными соляными куполами.

К различным комплексам пород приурочены подземные воды, отличающиеся между собой как по условиям залегания, формирования и циркуляции, так и по степени водообильности, минерализации и характеру эксплуатации.

Наиболее широко в пределах рассматриваемого района развиты грунтовые воды. Особенно распространены они в *отложениях альб-сеномана*, заключенных в неравномернозернистых песках и песчаниках с прослоями конгломератов. Суммарная их мощность 10—20 *м* на востоке и северо-востоке и 70—150 *м* на юге и юго-западе. Причем в последнем случае водовмещающие пески заключают уже напорные воды.

На участках выхода альб-сеноманских пород на поверхность (на севере Урало-Эмбенского водораздела и в междуречье Орь—Илек, а также в сводовых частях куполов) грунтовые воды довольно часто дренированы и дают начало многочисленным источникам с расходом от сотых долей до 10—15 *л/сек* (Сарбулак, Сууксу). Наиболее высокодебитные источники связаны с линиями тектонических разломов, по которым поднимаются воды артезианских бассейнов. Из таких источников берут начало и реки Эмба, Илек, Хобда, Уил, Сагиз, Киил и другие. Здесь глубина воды, даже на водоразделах, не превышает 15—25 *м*. Минерализация ее колеблется от 70—80 до 800—1000 *мг/л*, в среднем

выражается величиной 200—600 *мг/л*. В основном они гидрокарбонатные (кальциевые, натриевые) и имеют следующий состав:

а) воды источника у пос. Шулак Ключевого района:

$$M_{0,07}\,\frac{C^{35}_{0,05}\,Cl^{9}_{0,02}\,S^{6}_{0,01}}{Ca^{38}_{0,02}\,Na^{6}_{0,004}\,Mg^{6}_{0,002}}\,.$$

б) воды скважины в бывшей Карахобдинской МТС:

$$M_{0,27}\,\frac{C^{31}_{0,16}\,S^{15}_{0,06}\,Cl^{4}_{0,01}}{Na^{28}_{0,05}\,Ca^{18}_{0,03}\,Mg^{4}_{0,004}}\,.$$

Вековые ресурсы грунтовых вод альб-сеноманских отложений при средней мощности водоносной зоны в 20 *м*, водоотдаче 0,14 и площади поверхностного развития водовмещающих пород около 19 тыс. *км*^{2} составляют 52 млрд. *м*^{3}. Это при понижении уровня воды наполовину мощности водоносного горизонта в течение 100 лет непрерывной эксплуатации позволяет получить 8,6 *м*^{3}/*сек* пресной воды, а при нормальной эксплуатации, т. е. в дневные часы, —17,2 *м*^{3}/*сек*. Величина расходных модулей соответственно составит 0,45 и 0,9 *л/сек* с 1 *км*^{2} площади водоносного горизонта.

В пределах описываемого района и прилегающего к нему с северо-востока южного обрамления Уралтау широко развиты *водоносные отложения верхнего мела*, представленные песчано-галечниковыми образованиями сантона и трещиноватыми мергелисто-меловыми осадками маастрихта, которые между собой разделены значительной толщей глинистых пород кампана. Вследствие этого практически образуется здесь два самостоятельных водоносных горизонта.

Нижний, сантонский, горизонт на северо-востоке района вследствие сильной песчанистости слоев кампана или их отсутствия образует вместе с верхним, маастрихтским горизонтом общий водоносный комплекс. Воды комплекса дают источники с расходом до 90—170 *м*^{3}/*сутки* (1—2 *л/сек*). На водоразделах воды вскрываются колодцами и скважинами на глубине от 15—20 до 70 *м*. Минерализация воды не более 1—1,3 *г/л*. К западу и юго-западу воды погружаются на глубину 100—120 *м*, и в пределах нижнего горизонта их минерализация повышается до 5—10 *г/л*. К тому же вследствие увеличения глинистости пород сокращаются расходы водопунктов до 25—10 *м*^{3}/*сутки*, или 0,3—0,1 *л/сек*, поэтому они здесь не имеют практической ценности.

Почти всю остальную часть мелового плато и Присыртовых районов слагает верхний водоносный горизонт. В пределах мелового плато подземные воды мел-мергелевой толщи и известняков залегают в интервале глубин 10—15—50 *м*. Средняя мощность водоносной зоны 35—40 *м*. В таких же интервалах глубин залегают воды в северной и северо-восточной частях Уральской области.

К западу и юго-западу, а также в Присыртовых районах воды горизонта погружаются и вскрываются скважинами на глубине от 30—60 до 100 *м* и более. Уровень воды в них устанавливается на глубине 5—40 *м* от устья. При этом в Актюбинской области расходы их изменяются от 45—86 (0,5—1) до 345 *м*^{3}/*сутки* (4 *л/сек*) при понижении на 3—7 *м*, а в Сыртовых зонах — от 100—260 (1—3) до 860—1300 *м*^{3}/*сутки* (10—15 *л/сек*) при понижении на 3—12 *м*. В среднем они составляют 260—430 *м*^{3}/*сутки* (3—5 *л/сек*). В пределах Сыртовых зон воды этого горизонта являются одним из основных источников водоснабжения населенных пунктов и питания рек Чабыкты, Чижинских, Панина, Анкаты,

Уленты, Булдырты, Утвы и других. Мощность водоносной зоны здесь увеличивается до 120 *м*, средняя мощность 40—70 *м*.

Минерализация воды в актюбинской части мелового плато изменяется в пределах 1—5, достигая нередко 10 *г/л*, а в Сыртовых зонах — 0,5—3—2 *г/л*. По составу они смешанного гидрокарбонатно-хлоридного (кальциевого и натриевого) типа.

Ориентировочные вековые запасы поровых, трещинных грунтовых и местами напорных вод верхнего мела приведены ниже:

	Актюбинская область	Уральская область
Площадь распространения песчано-конгломератовой и карбонатной толщи верхнего мела, *км*^{2}	6100	—
Средняя мощность, *м*	20	—
Средний коэффициент водоотдачи	0,12	—
Вековые запасы, млрд. *м*^{3}	14,6	—
То же, с 1 *км*^{2}, млн. *м*^{3}	2,4	—
Площадь распространения мергельно-мелового горизонта верхнего мела, *км*^{2}	15,000	10,000
Средняя мощность, *м*	20	40
Средний коэффициент водоотдачи	0,04	0,08
Вековые запасы, млрд. *м*^{3}	12	32
То же, с 1 *км*^{2}, млн. *м*^{3}	0,8	3,2

Суммарное значение вековых запасов 58 млрд. *м*^{3}. Только половина этих запасов без учета пополнения позволяет в течение 100 лет непрерывной и нормальной эксплуатации соответственно получить до 9 и 18 *м*^{3} воды в секунду, или около 0,3 (0,6) *л/сек* с 1 *км*^{2} площади водоносного горизонта. Разведанные запасы, установленные в последние годы для очень небольших участков, составляют 170 *л/сек* (Присыртовая зона) и примерно 300 *л/сек* (в районе Донских хромитов).

Приведенные данные позволяют рассматривать водоносные горизонты верхнего мела Присыртовых районов и южного обрамления Уралтау (особенно в пределах Алимбетовской депрессии) как источники крупного централизованного водоснабжения и оазисного орошения полей. Их можно эксплуатировать путем заложения скважин глубиной до 100 *м*.

В пределах Общих и Зауральских Сыртов широко распространен *водоносный комплекс палеоген-неогена*, представленный разнозернистыми песками, а в низах палеогена — трещиноватыми опоками и мергелями общей мощностью палеогена —5—25 *м*, акчагыл-апшерона — 10—40 *м*. Глубина залегания воды изменяется от 8—10 до 35—50 *м*. А. В. Сотниковым установлено, что они обладают некоторым напором, находятся на глубине 5—10 *м* от устья водозаборов, а воды апшерона местами даже фонтанируют.

Производительность скважин варьирует в отложениях палеогена от 73 до 570 (0,85—6,6 *л/сек*), в среднем 130—390 *м*^{3}*/сутки* (1,5—4,5 *л/сек*) при понижении на 3 *м*, а акчагыл-апшерона — от 43—86 (0,5—1) до 430—710 *м*^{3}*/сутки* (5—8,2 *л/сек*), в среднем 170—430 *м*^{3}*/сутки* (2—5 *л/сек*). В толще палеогена и акчагыла Сыртовых и Присыртовых районов преобладают пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией 0,8—3—5 *г/л*.

Основные параметры и общие вековые запасы водоносных горизонтов приведены ниже:

	Водоносный горизонт палеогена	Водоносный горизонт неогена
Площадь распространения, *км*^{2}	2400	6800
Мощность, принятая в расчете, *м*	14	20
Коэффициент водоотдачи	0,12	0,10
Вековые запасы, млрд. *м*^{3}	4,0	13,6

Эксплуатация подземных вод верхней, наиболее опресненной части водоносного горизонта в течение 50 лет обеспечивает получение до 4 (8) *м*³ воды в секунду, или около 0,4 (0,8) *л/сек* с 1 *км*² площади.

В районе широко распространены *воды в аллювиальных отложениях*. Наибольший практический интерес они имеют в долинах рек Илек, Хобда, Уил, Сагиз, Эмба и некоторых их притоках.

Аллювий всех долин представлен древними и современными разнозернистыми (местами гравелистыми) песками, переслаивающимися с глинами. Нередко песчаные отложения древнего и современного аллювия образуют единый водоносный горизонт мощностью от 5—18 до 50—70 *м* (долина р. Илек). Обычная мощность аллювия 20—25 *м*.

Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 4—5 *м* (местами даже 0,5—1 *м*) на пойме и первой надпойменной террасе до 10—15 *м* на более древних террасах. Повсеместно аллювиальные воды тесно связаны с поверхностными и с водами коренных образований. С изменением уровня последних годовая амплитуда изменения первых достигает 2—3 *м* (рис. 78).

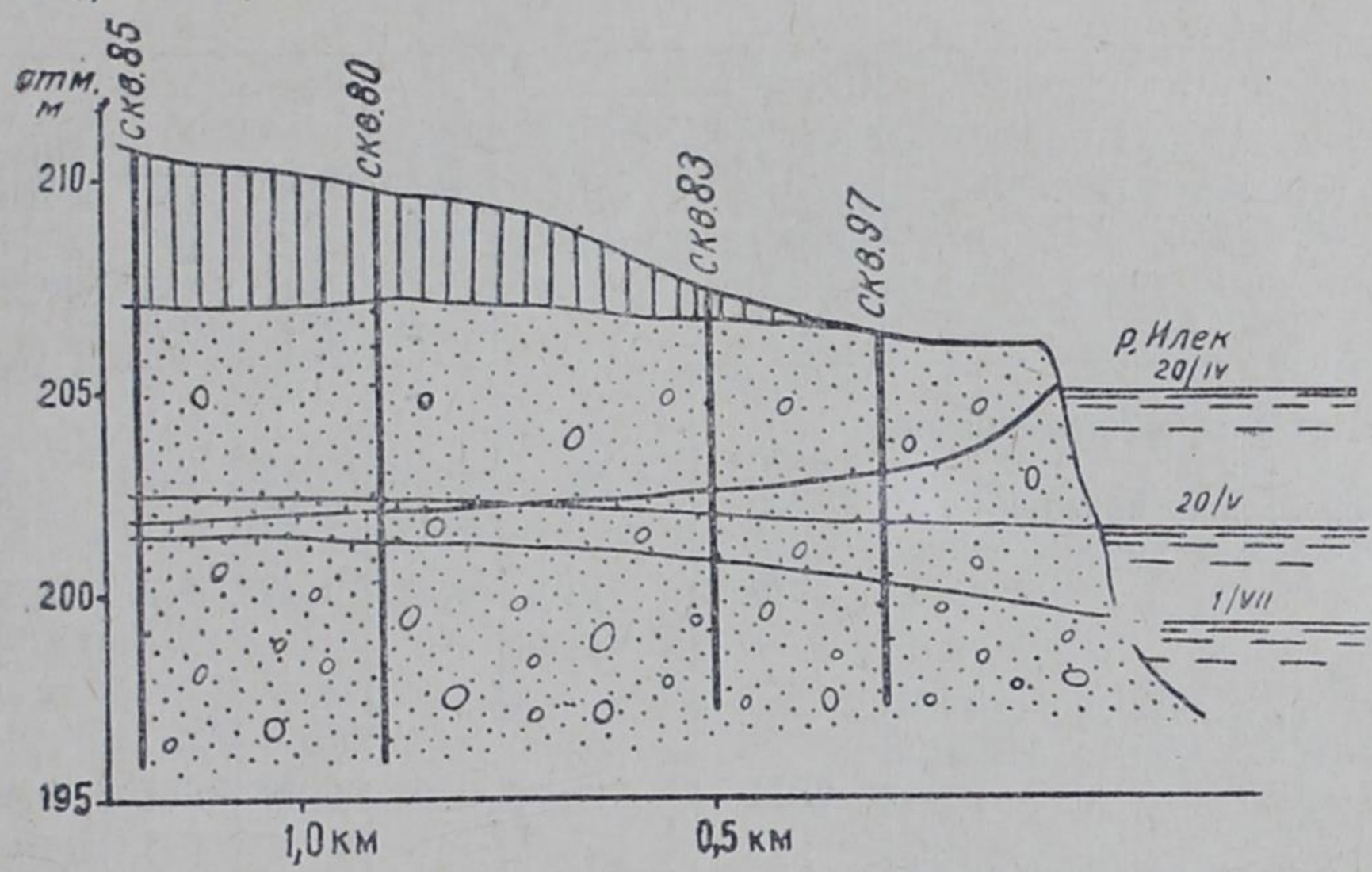


Рис. 78. Изменение уровня грунтовых вод долины р. Илек.

Наибольшей водоносностью среди аллювиальных отложений долин отличается аллювий долины р. Илек, где производительность скважин у г. Актюбинска варьирует от 430 до 3450 *м*³/*сутки* (от 5 до 40 *л/сек*) при понижении уровня на 3—5 *м*. Удельные дебиты скважин 690—1640 *м*³/*сутки* (8—19 *л/сек*). Такую же производительность имеют скважины, заложенные в районе ст. Яйсан и Мартук. Водоносность аллювия других рек значительно ниже. В долине р. Темир отдельные скважины показали дебит 230—300 *м*³/*сутки* (2,7—3,5 *л/сек*). У пос. Уил скважины, заложенные в древнем аллювии р. Уил, имели дебит 170—690 *м*³/*сутки* (2—8 *л/сек*). В долине р. Эмбы производительность скважин, по данным Ж. Сыдыкова и А. В. Сотникова, достигает 160 *м*³/*сутки*, или 1—3 *л/сек*.

В долинах рек Илек, Джаксы-Карагалы, Темир аллювиальные воды повсеместно пресные (сухой остаток 0,1—1 *г/л*). В долинах рек Уил и Эмба минерализация воды изменяется от 0,8—1 *г/л* в верховьях до 2,5—3 *г/л* в среднем и нижнем течениях. Некоторые их притоки (Ащи-Уил, Ащисай, Джаинды и др.), а также долина р. Сагиз содержат даже слабосоленые воды с минерализацией 5—14 *г/л*. Воды этих долин имеют преимущественно гидрокарбонатный, сульфатный и нередко хлоридный

кальциевый, натриевый состав. Характерный химический состав грунтовых вод рек Илек, Темир и Эмба в среднем их течении может быть выражен в следующем виде:

$$M_{(0,45-0,26-0,45)} \frac{C^{31}_{0,25}\, S^{10}_{0,07}\, Cl^{9}_{0,04} - C^{25}_{0,14}\, S^{23}_{0,10}\, Cl^{2}_{0,01} - Cl^{29}_{0,13}\, C^{12}_{0,09}\, S^{9}_{0,06}}{Ca^{24}_{0,07}\, Na^{17}_{0,05}\, Mg^{9}_{0,02} - Ca^{27}_{0,05}\, Na^{16}_{0,02}\, Mg^{7}_{0,01} - Na^{20}_{0,06}\, Ca^{16}_{0,04}\, Mg^{14}_{0,01}}.$$

В некоторых долинах развиты эоловые отложения, образовавшиеся в результате развевания аллювия и содержащие пресные воды (сухой остаток 0,1—1 *г/л*) при глубине залегания 0,5—3 *м*.

Основные параметры водоносных горизонтов элювия различных долин и расчетные величины общих статических запасов вод даны в таблице 9.

Таблица 9

Долины рек	Площадь распространения водоносного горизонта, *км²*	Средняя мощность горизонта, *м*	Коэффициент водоотдачи	Вековые запасы		Преобладающая минерализация воды, *г/л*
				общие, млрд. *м³*	на 1 *км²*, млн. *м³*	
Илека и Карагалы в Актюбинской области	2100	40	0,18	15,12	7,2	0,5—1,0
Илека в Уральской области	450	35	0,15	2,35	5,2	0,8—1,5
Ори, Уйсылкара и других притоков	750	10	0,16	1,22	1,6	1,5—1,5
Эмбы и Темира в Актюбинской области, включая воды эоловых песков	2700	15	0,16	6,48	2,4	0,5—2,0
Эмбы в Гурьевской области, включая воды эоловых песков	500	5	0,10	0,25	0,5	1—3
Уила с притоками и песчаными массивами в Актюбинской области	2450	10	0,12	2,64	1,2	До 1 на левом, до 3—5 на правом берегу
Уила в Гурьевской области	610	5	0,10	0,31	0,5	1—5
Хобды с притоками	1800	15	0,15	4,00	2,2	0,8—1,5
Сагиза в Актюбинской области, включая воды песков	560	10	0,12	0,84	1,2	1—5
Сагиза в Гурьевской области	750	5	0,10	0,38	0,5	3—10
Всего	12670	—	—	33,6	2,7	—

За счет сработки указанных запасов аллювиальных вод района наполовину мощности горизонта в течение 50 лет нормальной эксплуатации можно получить до 11 *м³/сек* пресной воды. Но с учетом пополнения их запасов за счет инфильтрации атмосферных осадков и речных вод и даже при учете 11-летнего периода маловодных лет указанное количество можно довести до 50 *м³/сек*. При ориентации на последнюю величину среднее значение модуля расхода подземных вод речных долин составит около 3,8 *л/сек* с 1 *км²* площади.

Возобновляемые и многолетние запасы аллювиального потока боль-

шинства рек не определены. Они достаточно велики. Об этом можно судить хотя бы по тому, что в пределах только одного участка долин рек Илек и Карагалы, в районе г. Актюбинска, величина установленных Актюбинской комплексной геологоразведочной экспедицией (А. В. Сотников и др.) эксплуатационных запасов аллювиального потока составляет 3 *м³/сек*. Эти расходы полностью восполняются за счет инфильтрации поверхностных вод и отчасти атмосферных осадков. Так, по данным Актюбинской гидрогеологической станции (Ю. В. Архидьяконских), только в период паводка 1960 г. из рек Илек, Карагалы, Тамды, Сазды, Дженишке и Песчанки в аллювии теряется 2,4 *м³/сек* воды, а за год сумма потерь составляет минимум 5 *м³/сек*. Указанную величину эксплуатационных запасов (3 *м³/сек*) с учетом сработки некоторой части многолетних запасов аллювиальных вод, выражающихся в 262,5 млн. *м³*, можно довести до 4 *м³/сек*. Из этой суммы в настоящее время для питьевой и хозяйственных нужд города и его промышленных объектов используется только 0,8—0,86 *м³/сек*.

Артезианские воды

В пределах рассматриваемого района широко развиты также артезианские воды, приуроченные в основном к нижнемеловым отложениям. Одними из перспективных горизонтов нижнего мела с высоконапорными водами являются *водоносные горизонты неокома*, вскрытые в последние годы на обширной площади (Дальян, Сыдыков, 1962). Они приурочены к горизонтам разно- и мелкозернистых песков и песчаников с мелкими прослоями алевролитов, глин и мелких галек готерив-баррема общей мощностью от 20 до 35—40 *м*. Эти горизонты особенно мощны и представлены более грубозернистыми материалами в полосе, прилегающей на востоке к Актюбинскому Приуралью и Западному Примугоджарью и ограничивающейся на западе водораздельной линией рек Хобда—Уил—Темир. Подземные воды здесь залегают на глубине от 15—20 до 280—300 *м* и обладают, особенно при глубоком залегании, значительным напором, дающим возможность местами получить при вскрытии водоносного горизонта самоизлив. По качеству они пресные и слабосолоноватые, с минерализацией от 0,35 до 1,6—2 *г/л*. Их характерный состав (скважины в районе Кокпектинской антиклинали и в районе пункта Аккудук) следующий:

$$M_{(0,4-1,75)}\ \frac{C^{31}_{0,21}\,Cl^{10}_{0,04}\,S^{9}_{0,05} - Cl^{25}_{0,51}\,S^{18}_{0,49}\,C^{7}_{0,27}}{Na^{31}_{0,09}\,Ca^{12}_{0,03}\,Mg^{7}_{0,01} - Na^{26}_{0,35}\,Mg^{14}_{0,10}\,Ca^{10}_{0,11}}.$$

Коэффициент водоотдачи (при эффективной пористости 23—25%) составляет 0,13—0,15. Скважины, пройденные в песках, показывают дебиты от 60 до 147 *м³/сутки*, или 0,7—1,7 *л/сек* при понижении статического уровня воды на 3—10 *м*. Однако следует отметить, что эти величины расходов сильно занижены, так как они определены в основном по скважинам, пробуренным с применением тяжелых глинистых растворов под большим давлением. При иных условиях бурения скважина, пробуренная на площади месторождения Кенкияк, при откачке без заметного понижения уровня воды из таких же отложений дала 800 *м³/сутки* (9,3 *л/сек*), а скважина, заложенная в северной части Донгустау, самоизливом —1382 *м³/сутки* (16 *л/сек*).

Общая площадь распространения водоносного комплекса (в основном напорного) составляет 31,8 тыс. *км²*, средняя мощность —30 *м*, коэффициент водоотдачи —0,13. При таких значениях основных параметров вековые запасы подземных вод будут 124 млрд. *м³*. За счет сработки

этих запасов без учета пополнения в течение 100 лет непрерывной эксплуатации можно получить из водоносного горизонта более 20 *м*³ пресной и слабосолоноватой воды в секунду, или 0,63 *л/сек* с 1 *км*² площади.

К западу и юго-западу от указанной полосы подземные воды неокома соленые, не пригодные для водоснабжения, поэтому они здесь не описываются.

Самым широко распространенным и наиболее перспективным в Западном Казахстане и в рассматриваемом районе, как неоднократно указывал У. М. Ахмедсафин (1949, 1957, 1960, 1962) и другие, является *водоносный горизонт напорных вод альб-сеномана.* Подземные воды приурочены, как уже отмечено, к неравномернозернистым пескам и песчаникам мощностью 100—150 *м*. По мере погружения последних они приобретают определенный напор и образуют ряд артезианских бассейнов (см. рис. 10).

На северо-востоке, в Актюбинском Приуралье и на южном периклинальном окончании Уралтау, напорные воды альбских отложений заключены в мульдах (рис. 79), каждая из которых представляет артезиан-

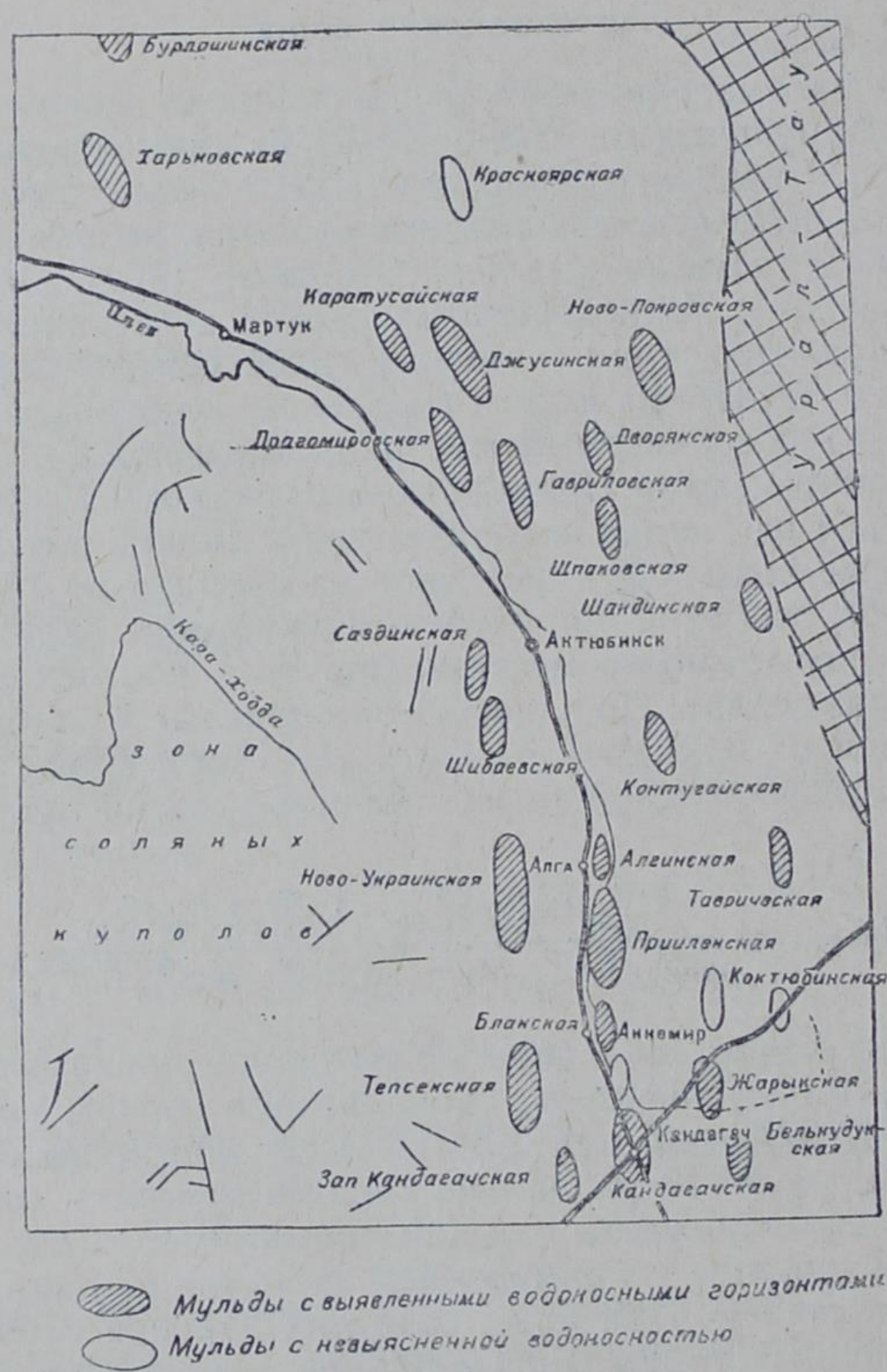


Рис. 79. Схема расположения мульд по альбским отложениям.

ский бассейн относительно небольших размеров (Сарбулакский, Ново-Украинский, Приилекский, Коктюбинский, Шулакский, Кандагачский и др.). В бассейнах содержатся совершенно пресные воды с минерализацией 0,3—0,9 *г/л*. Наиболее типичный химический состав подземных вод

этого типа по Приилекскому бассейну (скважина № 14), Ново-Украинской (скважина № 1) и Карагандинской мульдам приводится ниже:

$$M_{(0,18-0,28-0,60)}\ \frac{C^{27}_{0,09}\,S^{13}_{0,03}\,Ci^{10}_{0,02} - S^{22}_{0,08}\,Cl^{16}_{0,04}\,C^{12}_{0,09} - }{Na^{21}_{0,03}\,Ca^{19}_{0,02}\,Mg^{10}_{0,01} - Na^{28}_{0,05}\,Ca^{16}_{0,02}\,Mg^{6}_{0,01} - }$$

$$\frac{- Cl^{28}_{0,20}\,C^{13}_{0,16}\,S^{9}_{0,08}}{- Ca^{23}_{0,09}\,Na^{21}_{0,10}\,Mg^{6}_{0,02}}.$$

Бассейны этого типа занимают площадь около 720 *км*², мощность водовмещающих пород 20—70 *м*. Коэффициент водоотдачи равен в среднем 0,14. При этих величинах общие вековые запасы артезианских вод составляют 4 млрд. *м*³.

При сработке 50% вековых запасов в течение 50 лет нормальной эксплуатации горизонта можно получить 3,9 *м*³ пресной воды в секунду, или 5,4 *л/сек* с 1 *км*² площади. Из них в настоящее время скважинами и другими водозаборными сооружениями используется только до 0,5 *м*³/*сек*.

К западу, юго- и северо-западу от южного окончания Уралтау, простираясь на обширной площади от р. Эмбы до среднего течения р. Урала, лежит солянокупольная зона с многочисленными межкупольными прогибами. Каждый из этих прогибов представляет собой как бы артезианский бассейн «средних размеров». Соединены они между собой так, что образуют своеобразный огромный Урало-Эмбенский артезианский бассейн, удачно названный У. М. Ахмедсафиным бассейном спорадического развития напорных вод альб-сеномана (рис. 80). Здесь каждая скважи-

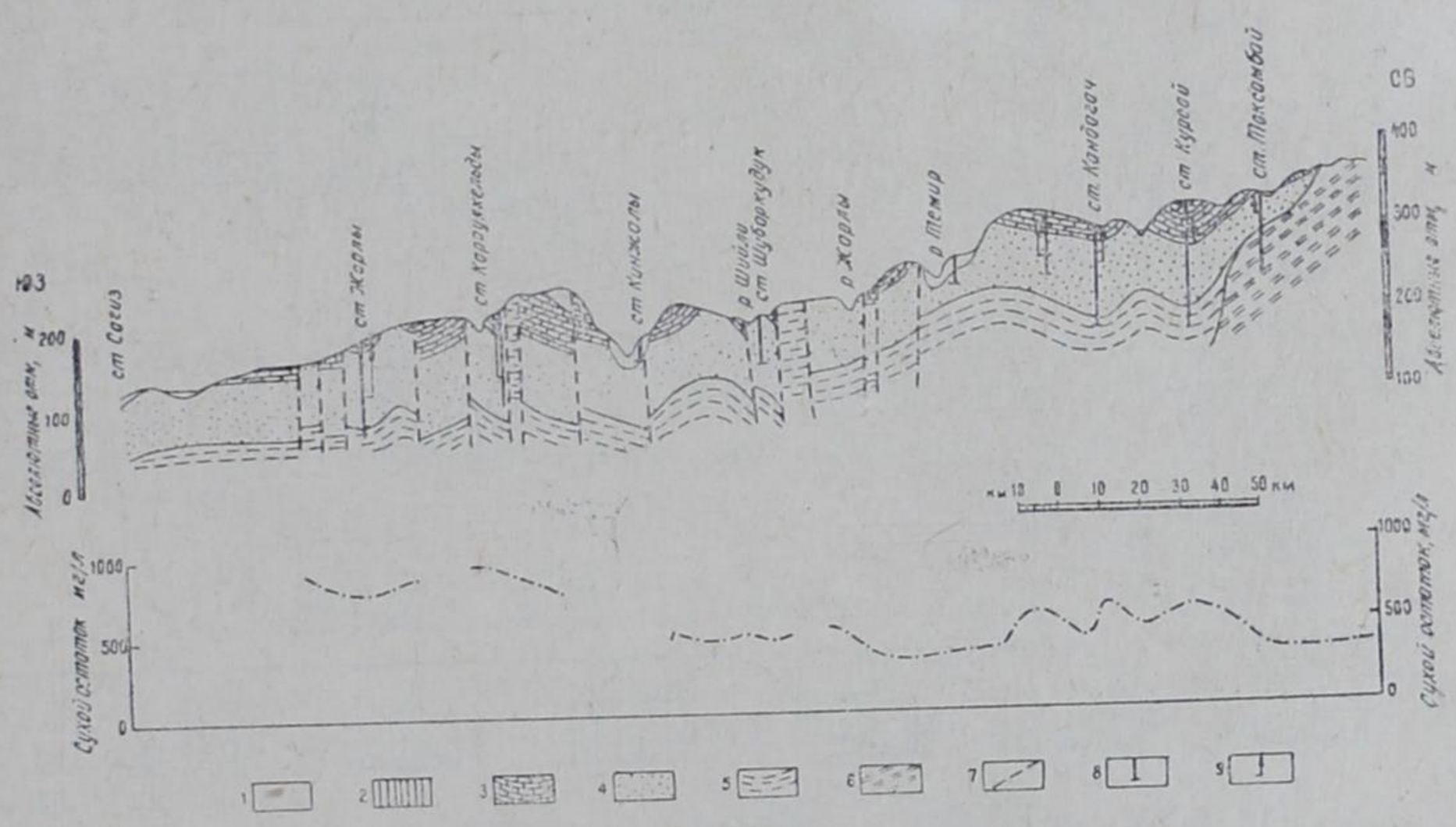


Рис. 80. Схематический геолого-гидрогеологический профиль через станции Сагиз — Кандагач — Токсамбай.

1 — четвертичные отложения; *2* — палеоген; *3* — верхний мел (турон — сенон); *4* — отложения альб-сеномана; *5* — нижний мел (без альба); *6* — палеозой; *7* — тектонические нарушения; *8* — скважины; *9* — напор подземных вод.

на при откачке с глубины 50—150 *м* дает 432 —1296 *м*³/*сутки* (5—15 *л/сек*) преимущественно пресной и слабосолоноватой воды с минерализацией 1—3 *г/л*. Общие запасы подземных вод артезианского типа, по У. М. Ахмедсафину (1961), составляют 420 млрд. *м*³. За счет сработки 50% этих запасов в течение 100 лет можно получить до 70 *м*³/*сек* воды, а при нормальной эксплуатации только в дневные часы расход

можно увеличить до 140 *м³/сек*. Расходные модули составят 1,55 (3,1) *л/сек* с 1 *км²* площади. При 80-процентной сработке расход подземных вод увеличится до 112 (224) *м³/сек*.

К югу от солянокупольной зоны прослеживается широкая полоса предгорных погружений Западного Примугоджарья и краевых прогибов юго-восточной окраины Прикаспийской синеклизы, куда приурочены обширные артезианские (Северо-Эмбенский и Донгустауский) бассейны (Ахмедсафин, 1961) с весьма большими запасами самоизливающихся артезианских вод. Северный из них (Северо-Эмбенский или Западно-Примугоджарский) представляет предгорный прогиб, раскрывающийся на юг от широкой Бакайской синклинали и простирающийся до широты южных отрогов Мугоджар. Он занимает площадь более 24 тыс. *км²*. Воды здесь вскрываются на глубине от 40—50 до 200 *м*. Эксплуатационные расходы скважин достигают 860—1300 *м³/сутки* (10—15 *л/сек*), а минерализация воды изменяется от 0,35 до 1,0—1,5 *г/л*. Прогнозные вековые запасы артезианского бассейна, по У. М. Ахмедсафину (1961), составляют 220 млрд. *м³*, или 9 млн. *м³* с 1 *км²* площади бассейна, что по аналогии с солянокупольной зоной позволяет получить при непрерывной и нормальной эксплуатации соответственно до 36 и 72 *м³/сек* воды. Величины расходного модуля соответственно равны 1,50 и 3 *л/сек* с 1 *км²* площади водоносного горизонта артезианского бассейна.

Донгустауский бассейн — один из наиболее мощных артезианских бассейнов Западного Казахстана, занимает площадь 35 тыс. *км²*. Водоносный горизонт имеет здесь уклон на юг и юго-запад. В том же направлении возрастает глубина залегания воды от 100—150 до 500—600 *м* (рис. 81). Самоизлив наблюдается к югу и западу соответственно

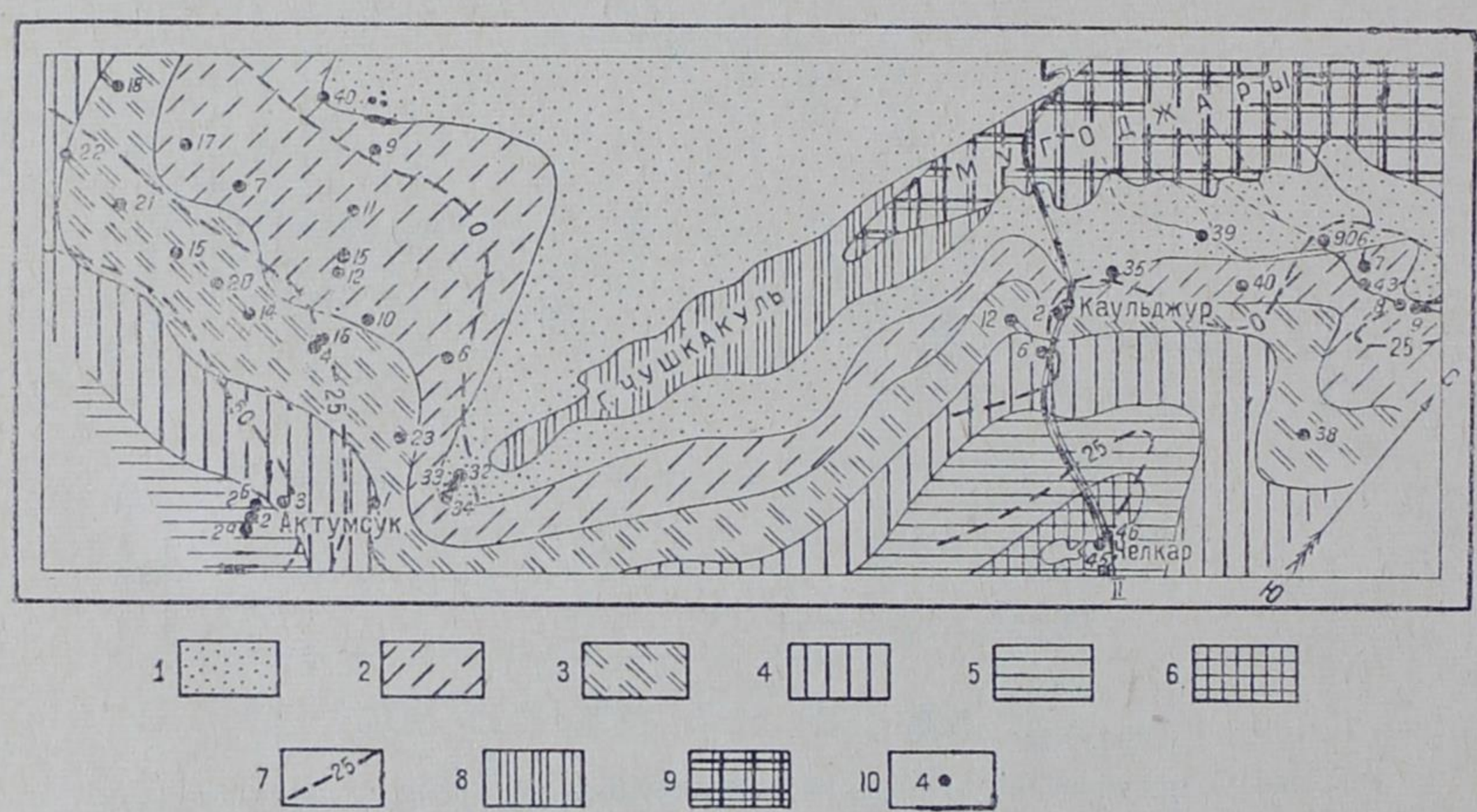


Рис. 81. Схематическая карта глубин залегания и напора подземных вод альба артезианских бассейнов Южного Примугоджарья. Глубины подземных вод (*м*): *1*—до 100; *2* — от 100 до 200; *3* — от 200 до 300; *4* — от 300 до 400; *5* — от 400 до 500; *6* — свыше 500; *7* — высота напора подземных вод над поверхностью земли; *8* — выходы нижнемеловых отложений; *9* — выходы палеозоя; *10* — скважины, вскрывшие водоносный горизонт альба.

от 47° с. ш. и 58° в. д. Мощность водовмещающей толщи изменяется от 60—70 до 180 *м* и более, а в среднем составляет около 100 *м*; средняя величина водоотдачи пород 0,15. Исходя из этих данных, общие прогнозные вековые запасы артезианских вод бассейна составляют примерно

525 млрд. $м^3$, или около 15 млн. $м^3$ с 1 $км^2$ площади. Это в основном пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией 0,7—3 *г/л* (рис. 82). При 50-процентном извлечении этих запасов в течение 100 лет

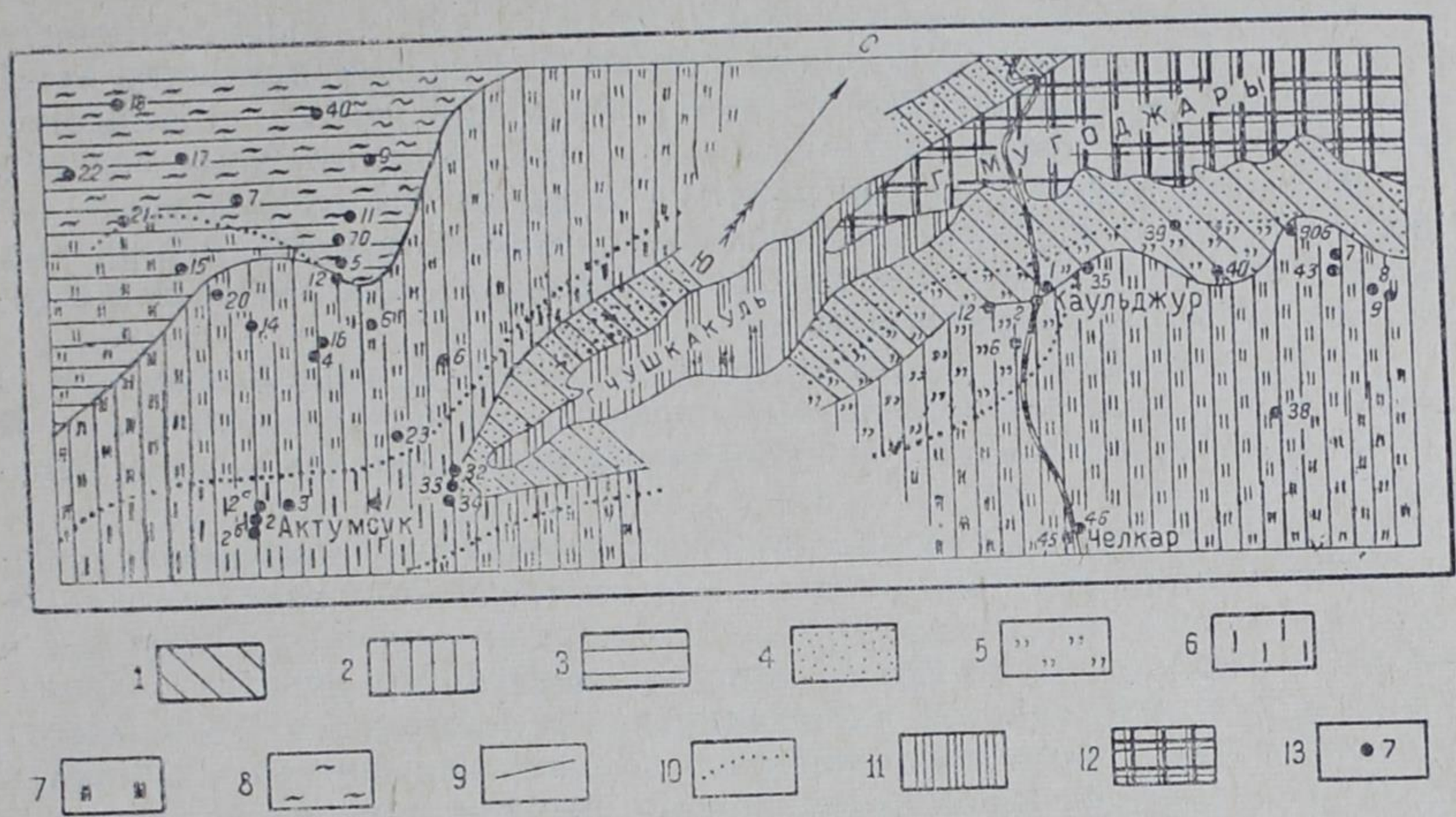


Рис. 82. Схематическая карта минерализации и химического состава подземных вод альба артезианских бассейнов Южного Примугоджарья. Минерализация воды (*г/л*): *1*—до 1; *2*—от 1 до 3; *3*—от 3 до 5. Химический состав воды, по О. А. Алекину: *4*—смешанные гидрокарбонатные кальциево-натриевые первого и второго типов; *5*— сульфатные натриевые второго типа; *6*— хлоридные натриевые первого типа; *7*—хлоридные натриевые второго типа; *8*— хлоридные натриевые третьего типа; *9* — контуры распределения воды по степени минерализации; *10* — контуры распределения воды по химическому составу; *11* — выходы нижнемеловых отложений; *12* — выходы палеозоя; *13* — скважины, вскрывшие водоносный горизонт.

можно получать до 87 $м^3/сек$ воды, а при нормальной эксплуатации эта величина может быть удвоена. Расходные модули составят 2,5 (5) *л/сек* с 1 $км^2$ площади водоносного горизонта.

* * *

Таким образом, рассматриваемый гидрогеологический район является одним из хорошо обеспеченных запасами подземных вод районов Западного Казахстана. Прогнозные вековые запасы пресных и слабосолоноватых грунтовых и артезианских вод меловых, палеогеновых и аллювиальных отложений превышают 1450 млрд. $м^3$. Это при повсеместной непрерывной эксплуатации подземных вод (грунтового типа) в течение 50 и 100 лет (артезианского типа) позволит получить около 285 $м^3/сек$, а при нормальной эксплуатации в дневные часы — до 570 $м^3/сек$. Средние расходные модули составят соответственно 1,9 (3,8) *л/сек* с 1 $км^2$ площади распространения водоносных горизонтов.

XXII. СЕВЕРО-АРАЛЬСКАЯ СТОЛОВО-ОСТАНЦОВАЯ РАВНИНА

Ж. С. СЫДЫКОВ, Н. Э. ЗЕЙБЕРЛИХ

Гидрогеологический район занимает плоскую слаборасчлененную равнину с резко континентальным климатом. Годовое количество атмосферных осадков не превышает 150—170 *мм* при явном преобладании величины испаряемости (900—1000 *мм* в год). Поверхностных вод нет.

В геологическом строении района участвуют довольно мощные (до 1000 *м*) песчано-глинистые отложения мелового и третичного периодов, перекрываемые местами четвертичными субаэральными песками и озерно-аллювиальными образованиями.

В районе широко развиты подземные воды как грунтовых, так и артезианских типов, приуроченные в основном к песчаным отложениям альб-сеномана, морского и континентального палеогена и массивам эоловых песков.

Одним из широко распространенных водоносных комплексов района, заключающих грунтовые воды, являются *отложения континентального (нижне-среднего) олигоцена*. Они залегают на глубине от нескольких метров в понижениях до 25—28 *м* на водораздельных участках. Производительность водопунктов достигает 85—130 *м³/сутки* (1—1,5 *л/сек*) при понижении уровня воды до 3—5 *м*. Водоотдача пород составляет в среднем около 0,10. Примерная площадь распространения водоносного горизонта, не включая малообводненных или засоленных участков, 8,6 тыс. *км²*. При средней мощности водоносной толщи 7 *м* общие многолетние запасы воды выражаются величиной примерно 6 млрд *м³*, или 0,7 млн. *м³* с 1 *км²* площади. Сработка этих запасов наполовину мощности водоносного горизонта при длительной и непрерывной эксплуатации в течение 50 лет позволит получить до 1,9 *м³/сек* воды. Вывести их на поверхность можно путем заложения колодцев глубиной 20—30 *м*.

В пределах только обнаженной части водоносного горизонта (примерно $^2/_3$ от общей площади, или 5,8 тыс. *км²*) пополнение запасов подземных вод за счет инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков (10% от 80 *мм*) составляет ориентировочно 46 млн. *м³* в год, или около 1,5 *м³/сек*. Минерализация воды здесь 1—1,5 *г/л*. По составу воды гидрокарбонатные кальциевые, натриевые, иногда сульфатные и хлоридные. Ниже даются результаты нескольких характерных анализов грунтовых вод севернее (0,49 *г/л*) и юго-восточнее (1,16 *г/л*) песчаного массива Большие Барсуки:

$$M_{(0,49-1,16)}\frac{C^{40}_{0,18}\,Cl^{5}_{0,02}\,S^{5}_{0,02}-S^{27}_{0,43}\,C^{18}_{0,39}\,Cl^{5}_{0,07}}{Na^{28}_{0,02}\,Ca^{18}_{0,02}\,Mg^{4}_{0,003}-Na^{23}_{0,20}\,Ca^{17}_{0,12}\,Mg^{11}_{0,05}}.$$

Комплекс эоловых отложений распространен в пределах Северного Приаралья и занимает песчаные массивы Больших и Малых Барсуков и отчасти Приаральских Каракумов. Водовмещающие породы представлены мелко- и среднезернистыми пылеватыми песками мощностью от 5—10 до 30—40 *м*. Водоносный горизонт залегает на глубине 0,5—10 *м*, чаще —1,5—3 *м*. Грунтовые воды подвергаются сезонному колебанию, причем наибольшая амплитуда колебания их уровня достигает 1,2 *м* в год. Производительность скважин в северной части Больших Барсуков при понижении уровня воды на 5—9 *м* изменяется от десятых долей до 690—860 *м³/сутки* (8—10 *л/сек*). Минерализация воды обычно не более 1—1,5 *г/л*, преобладающий состав гидрокарбонатный кальциевый (нередко натриевый). На окраинах песчаных массивов и межпесчаных

равнинах нередко минерализация воды достигает 2,5—3 *г/л*, иногда и более. Результаты анализов проб воды, отобранных в центральных частях песчаных массивов Большие и Малые Барсуки, приведены ниже:

$$M_{(0,32-0,91)}\frac{C^{42}_{0,32}\,S^{5}_{0,03}\,Cl^{3}_{0,02}-C^{28}_{0,61}\,Cl^{13}_{0,15}\,S^{9}_{0,14}}{Ca^{21}_{0,05}\,Mg^{16}_{0,02}\,Na^{13}_{0,04}-Na^{25}_{0,19}\,Ca^{16}_{0,11}\,Mg^{9}_{0,04}}.$$

Песчаный массив Большие Барсуки занимает площадь 8,3 тыс. *км*², где мощность водоносных песков составляет 13—39 *м*, в среднем — около 15 *м*. При среднем значении коэффициента водоотдачи песков 0,12 многолетние запасы грунтовых вод только в незакрепленной и слабозакрепленной частях массива (площадь 4 тыс. *км*²) ориентировочно составляют 7,2 млрд. *м*³, или 1,8 млн. *м*³ на 1 *км*² площади. Сработка только половины этих запасов при длительной (50 лет) непрерывной эксплуатации горизонта позволит получить 2,4 *м*³/*сек* воды, а при нормальной эксплуатации (в дневные часы) расход можно довести до 4,8 *м*³/*сек*. При этом расходные модули соответственно составят 0,6 и 1,2 *л/сек* с 1 *км*² площади.

Песчаный массив Малые Барсуки занимает площадь 1200 *км*². Средняя мощность водовмещающих мелко- и среднезернистых песков около 10 *м*. Расчетная величина коэффициента водоотдачи 0,12. Следовательно, многолетние запасы составляют ориентировочно 1,4 млрд. *м*³, или 1,2 млн. *м*³ на 1 *км*² площади. При непрерывной и повсеместной эксплуатации можно получить соответственно 0,45 и 0,9 *м*³/*сек* пресной воды, или 0,37 и 0,75 *л/сек* с 1 *км*² площади.

Таким образом, прогнозные многолетние запасы двух крупных песчаных массивов Северного Приаралья — Больших и Малых Барсуков — составляют около 8,6 млрд. *м*³. Это при непрерывной и повсеместной эксплуатации позволит получить ежесекундно примерно 2,9 (5,8) *м*³ пресной воды.

Артезианские воды

В Северном Приаралье так же, как и в Урало-Эмбенском районе, распространены артезианские воды. Формированию их здесь способствует наличие широких, меридионально вытянутых прогибов, перемежающихся антиклинальными зонами.

Одним из важных водоносных комплексов, содержащих напорные воды, является *комплекс альб-сеноманских отложений*, простирающийся от южных и юго-восточных окраин Мугоджар далеко на юг. Представлен он разнозернистыми песками и песчаниками суммарной мощностью 20—90 *м* и более.

У подножия Чушкакульских гряд, Мугоджарских гор, в верхнем и среднем течении р. Шет-Иргиз, а также в ядре Тасаранской антиклинали, в 69—70 *км* к юго-востоку от г. Челкара, отложения альб-сеномана выходят на дневную поверхность. Здесь подземные воды залегают до глубины 25 *м* и носят слабонапорный или грунтовый характер. За пределами этих участков водоносные горизонты погружаются на значительную глубину, воды в них приобретают напорный характер, а местами самоизливаются. Глубина залегания водоносного горизонта увеличивается от 50—60 *м* на севере района до 560 *м* в центральной его части (г. Челкар) и 600—700 *м* на юге.

Водообильность пород альб-сеномана высокая. Дебиты скважин при самоизливе достигают 860—1300 *м*³/*сутки* (10—15 *л/сек*). Минерализа-

ция воды не превышает 1,5—2,0 *г/л*. По составу они хлоридные, гидрокарбонатные (натриевые). Ниже приведен химический состав подземных вод, вскрытых скважинами на глубине 60—70 *м* в верховьях р. Шет-Иргиз (0,89 *г/л*), в балке Ащисай (1,58 *г/л*) и на ст. Челкар (1,35 *г/л*) на глубине 560 *м*:

$$M_{(0,89-1,58-1,35)} \frac{C^{18}_{0,34}\, Cl^{12}_{0,22}\, S^{20}_{0,18} - Cl^{28}_{0,51}\, S^{15}_{0,37}\, C^{7}_{0,24} - Cl^{23}_{0,36}\, C^{19}_{0,49}\, S^{8}_{0,17}}{Na^{31}_{0,22}\, Ca^{11}_{0,07}\, Mg^{8}_{0,03} - Na^{29}_{0,35}\, Ca^{10}_{0,11}\, Mg^{11}_{0,07} - Na^{48,2}_{0,47}\, Mg^{1,0}_{0,005}\, Ca^{0,8}_{0,007}}.$$

Ориентировочные вековые запасы пресных и слабосолоноватых вод альб-сеноманских отложений, слагающих Челкарский артезианский бассейн площадью до 30 тыс. *км*² (при средней мощности водовмещающих пород 50 *м* и коэффициенте водоотдачи 0,15), составляют 225 млрд. *м*³, или 7,5 млн. *м*³ на 1 *км*² площади. При сработке этих запасов только наполовину мощности водоносной толщи даже при длительной (100 лет) непрерывной эксплуатации можно получить более 36 *м*³/*сек*, а при нормальной эксплуатации в дневное время довести эти расходы до 72 *м*³/*сек*. Расходные модули соответственно составят 1,20 и 2,40 *л/сек* с 1 *км*².

В Северном Приаралье широко развиты *напорные воды морского палеогена* (см. рис. 10), приуроченные к мелко- и среднезернистым пескам саксаульского (отчасти тасаранского) яруса. Неглубоко (10—20 *м*) залегают они на сравнительно небольшой площади у подножия Мугоджарских и Чушкакульских гряд и в ядрах антиклиналей Тасаранской, Больших и Малых Барсуков и носят слабонапорный или грунтовый характер. На большей же части территории Северного Приаралья водоносный комплекс саксаульских и тасаранских отложений погружается, образуя артезианские бассейны с высоконапорной водой. Высота напора достигает 180—227 *м*. Зона самоизлива полосой 15—30 *км* проходит между станциями Челкар и Улпан, протягиваясь на многие километры на юг-юго-запад от Казахской ж. д., и занимает площадь около 8000 *км*². Высота напора над поверхностью земли достигает здесь 8—14 *м*.

В толще морского палеогена (саксаульского и тасаранского ярусов) залегают 4—7 водоносных горизонтов мощностью по 3—5 *м*. Большинство их гидравлически связано, о чем свидетельствует одинаковая высота напора.

Глубина залегания воды в зонах погружения водоносных пластов изменяется от 35—50 до 200—250 *м* в центре прогибов. Водообильность пород пестрая; дебиты самоизливающихся скважин в Челкарском бассейне колеблются от 50—90 до 120—140 *м*³/*сутки* (от 0,6—1 до 14—16 *л/сек*) при понижении уровня воды на 3—8 *м*. В других бассейнах (Чокусинском, Джиланском и Тогузском) скважинами вскрыты водоносные горизонты с меньшей водообильностью, поэтому в этих условиях дебит скважин составил пока 40—90 *м*³/*сутки* (0,5—1 *л/сек*).

Минерализация воды вблизи областей питания (на крыльях Челкарского, Тогузского, Джиланского, Чокусинского артезианских бассейнов) обычно не превышает 1 *г/л*. В центральных частях бассейнов она возрастает в Челкарском до 1—3, а в других — до 3—5 *г/л* и более. При неглубоком залегании преобладают по составу гидрокарбонатные

кальциевые и натриевые, а в зонах погружения — гидрокарбонатные и и сульфатно-натриевые воды.

Слагая большую площадь ряда артезианских бассейнов Северного Приаралья, водоносные горизонты морского палеогена имеют огромные запасы пресных и слабосолоноватых вод.

Напорные воды саксаульских и тасаранских отложений Челкарского бассейна распространены на площади 23 тыс. *км*². Суммарная мощность водовмещающей толщи, по данным Актюбинской комплексной геологоразведочной экспедиции (Сотников и др., 1961), составляет 35 м, а коэффициент водоотдачи мелко- и среднезернистых песков —0,14. Прогнозные вековые ресурсы подземных вод саксаульского и тасаранского водоносных комплексов равны приблизительно 112 млрд. *м*³, или 4,8 млн. *м*³ пресных и слабосолоноватых вод на 1 *км*² площади. Сработка только половины этих запасов в течение 100 лет при непрерывной и повсеместной эксплуатации позволит получить 17,5 *м*³/*сек*, а при нормальной —35 *м*³/*сек* воды, или 0,75 (1,5) *л*/*сек* с 1 *км*².

Прогнозные вековые запасы пресных и слабосолоноватых подземных вод Джиланского, Тогузского и Чокусинского артезианских бассейнов, по У. М. Ахмедсафину (1961), составляют около 70 млрд. *м*³. Эти резервы по аналогии с однотипными горизонтами Челкарского бассейна при непрерывной и повсеместной эксплуатации позволят получить 11 и при нормальной —22 *м*³/*сек* воды путем заложения скважин глубиной от 50 до 250 *м*.

* * *

Таким образом, Северное Приуралье не столь бедно запасами подземных вод, как считали ранее некоторые исследователи. Прогнозные многолетние запасы грунтовых вод с минерализацией преимущественно до 1,5—2 *г*/*л*, распространенных на площади около 14 тыс. *км*² в песчаных массивах и в отложениях континентального олигоцена, достигают 14,5 млрд. *м*³. Эти ресурсы при непрерывной эксплуатации позволяют получать 4,75 *м*³/*сек*, а при нормальной —9,5 *м*³/*сек*.

Вековые прогнозные запасы артезианских вод альб-сеноманских и морских палеогеновых отложений, распространенных на площади около 40 тыс. *км*², составляют вместе с возобновляемыми более 400 млрд. *м*³, что дает возможность получить при непрерывной и нормальной эксплуатации в течение 100 лет соответственно 64,5 и 129 *м*³/*сек* пресных и слабосолоноватых вод. Расходные модули грунтовых и напорных вод равны 1,8 (3,6) *л*/*сек* с 1 *км*². При 80-процентной сработке вековых и многолетних запасов эксплуатационный расход возрастет до 103 (206) *м*³/*сек*.

XXIII. МАНГЫШЛАКСКАЯ НИЗКОГОРНАЯ ВОЗВЫШЕННОСТЬ

Ж. С. СЫДЫКОВ

Рассматриваемый гидрогеологический район занимает центральную горную часть полуострова Мангышлак, имеющую сильнорасчлененный грядово-холмистый рельеф со средней абсолютной высотой от 100 до 500 *м*. Состоит он из разобщенных горных массивов Каратау (Восточный, Западный, Каратаушик) и Актау (Южный и Северный), между которы-

ми располагаются межгорные Прикаратауские (Южная и Северная) долины. Климат района резко континентальный, аридный; количество атмосферных осадков не превышает 150—170 *мм* в год. Поверхностных вод нет.

Геологически район представляет сложную мегантиклиналь, в осевой части которой (в горах Каратау) обнажаются метаморфические породы перми, триаса (и юры) — песчаники, аргиллиты, сланцы и глины с прослоями известняков и конгломератов мощностью до 7 *км*. На крыльях мегантиклинали выходят пласты песков, песчаников и глин нижнего мела (Прикаратауские долины) мощностью 400 *м* и карбонатные породы верхнего мела и палеогена (Актауские горы) мощностью около 900 *м*. В целом район представляет обширную полосу формирования подземных вод не только Горного Мангышлака, но и прилегающих к нему полуострова Бузачи и особенно Южного Мангышлака. Сильнорасчлененные массивы Каратау, высоко возвышающиеся над окружающей равниной, способствуют стеканию почти всех поверхностных вод и значительной части подземного стока на юг и север (рис. 83).

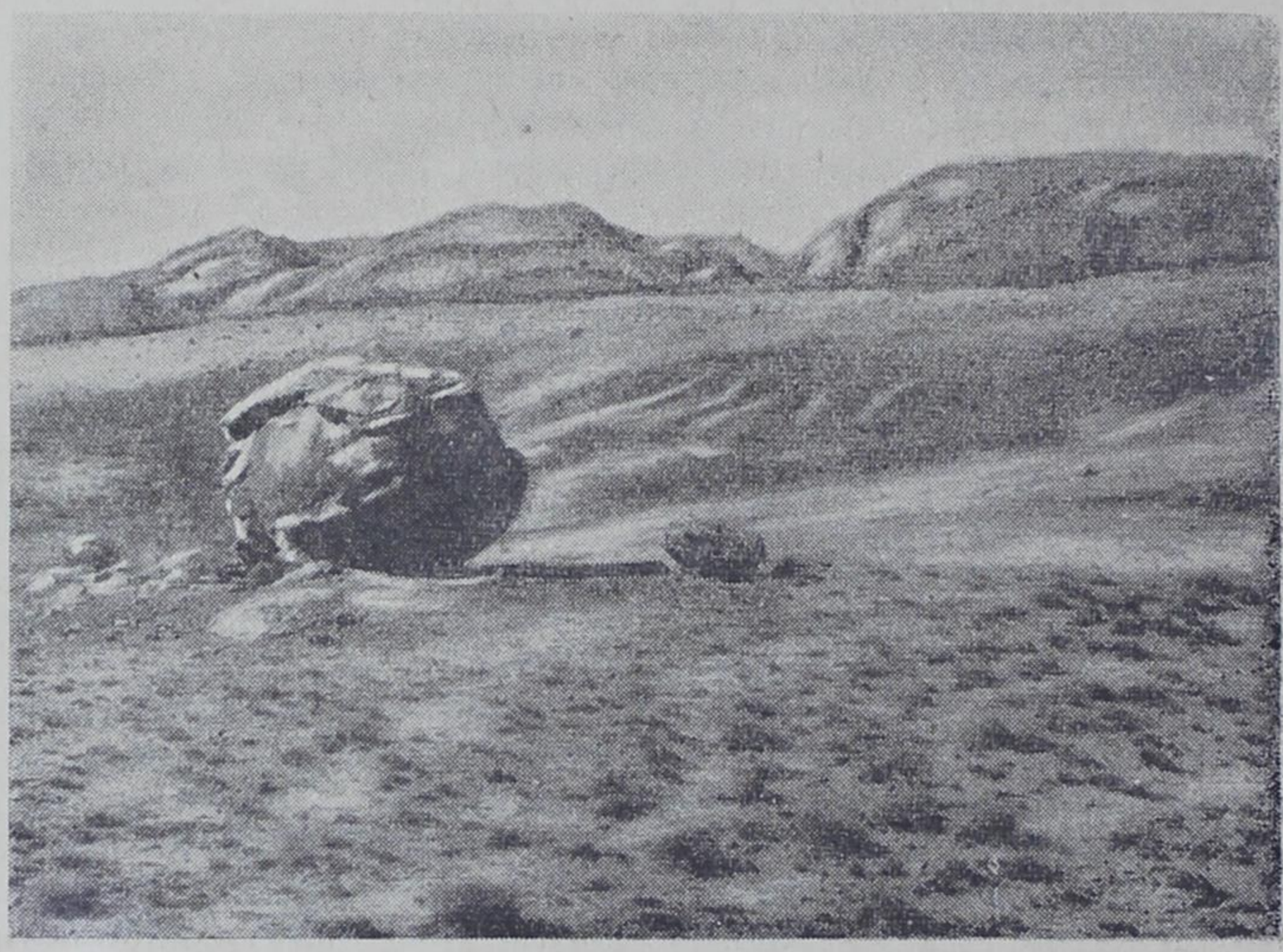


Рис. 83. Каратауские горы.

Прикаратауские долины, являющиеся местным базисом стока для хребтов Каратау, представляют основную зону аккумуляции атмосферных и поверхностных вод и тем самым служат основной областью питания подземных вод района. Подземные воды здесь формируются в различных водоносных комплексах.

Одним из перспективных водоносных горизонтов грунтовых вод рассматриваемого района является *водоносный комплекс пермо-триасовых отложений* Каратауских гор, представленный песчаниками, трещиноватыми сланцами и известняками большой мощности. Вследствие интенсивной трещиноватости и тектонической раздробленности эти отложения являются коллекторами значительных запасов пресных подземных вод. О водоносности их свидетельствуют многочисленные источники, колодцы и отдельные скважины, большинство из которых расположено у подножия хребтов и на дне прорезающих их оврагов. Расходы источников колеблются от десятых долей до 260—520 *м*^{3}/*сутки*, или 3—

6 *л/сек*. Весной они возрастают до 800—1300 *м³/сутки* (10—15 *л/сек*). Всего насчитывается более 300 источников с общим расходом 6—7 тыс. *м³/сутки*, или 70—80 *л/сек*. Скважина, заложенная в западной части гор Каратаушик, вблизи зон разломов, дала при самоизливе 860 *м³/сутки* (10 *л/сек*) воды, а две другие —170—345 *м³/сутки* (2—4 *л/сек*). Производительность имеющихся водопунктов, расположенных на площади не более 1/3 части периферии Каратауских массивов, составляет 0,1 *м³/сек*, а на всей площади — не менее 0,3 *м³/сек*.

Минерализация воды в зоне активного водообмена, т. е. выше уровня дна Прикаратауских долин, не превышает 0,5—1,5 *г/л*. Ниже дна этих долин, где пермо-триас прикрыт мощной толщей молодых песчано-глинистых отложений, препятствующих свободному водообмену в водоносных горизонтах, подземные воды становятся солеными (5—10 *г/л* и более), не пригодными для хозяйственных целей. Трещинные воды ряда источников, выходящих в пределах массивов Восточного, Западного Каратау и Каратаушик, имеют преимущественно следующий состав (пределы колебания):

$$M_{(0,3-1,6)} \frac{C^{37}_{0,24}\, S^{7}_{0,04}\, Cl^{6}_{0,024} - C^{20}_{0,55}\, S^{15}_{0,43}\, Cl^{15}_{0,24}}{Ca^{28}_{0,062}\, Na^{12}_{0,03}\, Mg^{10}_{0,013} - Na^{38}_{0,46}\, Ca^{8}_{0,07}\, Mg^{4}_{0,015}}.$$

Величина многолетних запасов трещинных вод метаморфической толщи Каратау на площади 850 *км²* при значениях коэффициента трещиноватости водовмещающих пород 0,03 и средней мощности обводненной зоны 50 *м* составляет около 130 млн. *м³*. Однако ввиду сильной дренированности рельефа значение коэффициента оттока достигает 0,55—0,60, поэтому реально возможные многолетние запасы трещинно-грунтовых вод метаморфической толщи выражаются величиной 70—80 млн. *м³*. Сработка их наполовину мощности горизонта в течение 25 лет нормальной эксплуатации подземных вод (т. е. в дневное время) позволит получить 0,08—0,1 *м³/сек* пресной воды.

Возобновляемые запасы подземных вод метаморфической толщи в пределах ее обнаженной части (850 *км²*) при среднем значении коэффициента инфильтрации 0,15 от осенне-зимне-весенних осадков составляют 10 млн. *м³*, или 0,3 *м³/сек*.

Таким образом, из пермо-триаса путем рационального каптажа источников и устройства водосборных канав для подземных вод, выклинивающихся на периферии конусов выноса, а также проходки скважин в местах наибольшего дробления (на глубину 150—200 *м*), можно получить до 0,40 *м³/сек* (или 0,45 *л/сек* с 1 *км²*) воды, вполне пригодной для питья, водопоя скота и местами для оазисного орошения.

Комплекс альб-сеноманских отложений представлен песками, песчаниками и обнажается в пределах Южной и Северной Прикаратауских долин, а также несколько южнее Актау, на площади около 8 тыс. *км²*. С ними связаны грунтовые воды порового типа. В предгорьях Каратауских массивов воды верхних частей комплекса выклиниваются в виде родников или же вскрываются колодцами глубиной 10—15 *м*. Расходы их достигают 130—170 *м³/сутки* (1,5—2 *л/сек*). Воды пресные, с минерализацией 0,7—2 *г/л*, гидрокарбонатные или хлоридные натриевые.

Наиболее характерный химический состав грунтовых вод альб-сеноманских отложений, по данным анализов проб воды, отобранных из источников Кокала, Когез и колодца Тюбекудук в пределах Северной Прикаратауской долины, может быть выражен в следующем виде:

$$M_{(0,48-0,59-0,96)} \frac{C^{24}_{0,24}\, S^{14}_{0,11}\, Cl^{12}_{0,07} - C^{23}_{0,28}\, S^{16}_{0,15}\, Cl^{11}_{0,08} - Cl^{19}_{0,21}\, S^{17}_{0,24}\, C^{14}_{0,26}}{Na^{25}_{0,095}\, Ca^{17}_{0,056}\, Mg^{8}_{0,017} - Na^{29}_{0,13}\, Ca^{14}_{0,055}\, Mg^{7}_{0,018} - Na^{40}_{0,29}\, Ca^{8}_{0,05}\, Mg^{2}_{0,006}}.$$

Вековые запасы одних только грунтовых вод на площади 8 тыс. *км*^{2} при средней мощности горизонта 50 *м* и значении коэффициента водоотдачи песков 0,15 составляют более 60 млрд. *м*^{3}. Сработка их в течение 100 лет непрерывной и повсеместной эксплуатации наполовину мощности горизонта позволяет извлекать соответственно 10 и 20 *м*^{3}/*сек* пресных и слабосолоноватых вод, или 1,25 (2,5) *л/сек* с 1 *км*^{2}.

Комплекс альб-сеноманских отложений может быть рассмотрен как непосредственная область питания подземных вод для более обширных районов их погружения. Допуская возможность инфильтрации атмосферных осадков и обильного весеннего стока поверхностных вод со стороны Каратау в размере 10% (или 10 *мм*), ежегодное пополнение подземных вод составит 90 млн. *м*^{3}. При возможности забора только половины этого пополнения из грунтового водоносного горизонта дополнительно можно получить еще до 1,5 *м*^{3} воды в секунду.

В пределах Актауских гор и прилегающих к ним с юга и севера районов Южного Мангышлака и Бузачи широко развиты *грунтовые воды карбонатных пород верхнего мела и палеогена.* Они приурочены к трещиноватым мергелям, пористым известнякам верхнего мела, нижней и верхней «белых свит», пескам и песчаникам палеогена. Залегают на глубине от 2—5 до 10—25 *м* и более. Нередко на склонах ущелий Актау они образуют источники.

Расходы водопунктов изменяются от сотых долей до 70—90 *м*^{3}/*сутки* (0,8—1,0 *л/сек*) при понижении на 1—2 *м*. Однако воды в основном солоноватые и слабосоленые, с минерализацией 3—10 *г/л*, поэтому они используются только для водопоя скота на отдельных участках путем каптажа существующих родников или заложений колодцев глубиной до 10—15 *м*.

В пределах рассматриваемого района широко распространены также *артезианские воды*, приуроченные в основном к отложениям (пескам и песчаникам) верхнего альба и сеномана.

По падению пластов альба и сеномана в сторону Южных и Северных Актауских гор воды постепенно погружаются и приобретают напор. Южнее Каратауских массивов образуют огромный артезианский бассейн сложного строения с глубиной залегания подземных вод 100—300 *м*. Большой гидростатический градиент позволяет при вскрытии водоносного комплекса почти повсеместно получать самоизливающиеся воды. Мощность водоносной зоны (только вскрытая часть) изменяется от 40—50 *м* вблизи горных массивов до 150 *м* и более на юге. В среднем она равна 80 *м*. Несколькими скважинами, пробуренными Гурьевской гидрогеологической партией, конторой «Казнефтеразведка» и ВНИГРИ в юго-восточной части Актау на глубину 250—300 *м*, из песчаников сеномана и верхней части альба получен мощный фонтан слабосолоноватых вод с минерализацией 2,3—2,5 *г/л*, расходом 430 (5)—2160 *м*^{3}/*сутки* (25 *л/сек*), а в среднем 860—1300 *м*^{3}/*сутки* (10—15 *л/сек*) при самоизливе. При бурении в Южной Прикаратауской долине были вскрыты пресные воды (с минерализацией около 1—2 *г/л*) с производительностью 430—865 *м*^{3}/*сутки* (5—10 *л/сек*).

Подземные воды альб-сеномана далее распространены в обширном Устюртском и Южно-Мангышлакском гидрогеологических районах, где

они вскрыты на глубине от 500—600 до 1000—1200 *м*. Преодолевая структурные препятствия, они по мере удаления от Горного Мангышлака приобретают более высокую минерализацию. Так, скважиной, пробуренной в 1957 г. Гурьевской гидрогеологической партией, у восточного борта впадины Карагие, на глубине 669 *м* в толще верхнего альба был вскрыт высоконапорный водоносный горизонт. Дебит скважины 4300 *м*³/*сутки* (50 *л/сек*) при высоте напора в 65 *м* над поверхностью земли и минерализации воды 3 *г/л*. Южнее и юго-западнее этот горизонт вскрыт на глубине до 800 *м*, и вода имела плотный остаток 3—10 *г/л*.

Прогнозные вековые запасы подземных вод только в пределах Горного Мангышлака, т. е. в зоне распространения вод преимущественно с минерализацией 0,5—3 *г/л*, по У. М. Ахмедсафину (1961), составляют 135 млрд. *м*³. Но, согласно полученным в последнее время данным по общей мощности водоносного горизонта, эта величина может быть увеличена до 180 млрд. *м*³, или 12 млн. *м*³ на 1 *км*². Кроме того, в прилегающих к Горному Мангышлаку районах Южного Мангышлака содержится, по У. М. Ахмедсафину, до 80 млрд. *м*³ слабосолоноватых вод. Сработка только половины этих запасов из расчета на 100 лет непрерывной эксплуатации без учета пополнения дает возможность извлечь до 43 *м*³ пресной и слабосолоноватой воды в секунду, или 1,7 *л/сек* с 1 *км*² площади водоносного горизонта напорных вод.

* * *

Из изложенного видно, что пустынные территории Мангышлака в недрах земли заключают определенные запасы пресных и слабосолоноватых вод, которые при рациональном использовании могут удовлетворить потребности в водоснабжении населенных пунктов, нефтяных и сельскохозяйственных объектов, местами могут быть использованы для оазисного орошения. Одни только вековые запасы грунтовых и артезианских вод Горного Мангышлака с прилегающими районами достигают 320 млрд. *м*³ и позволяют извлекать при длительной эксплуатации до 55 *м*³/*сек*.

XXIV. ПЛАТО УСТЮРТ

Ж. С. СЫДЫКОВ

Территория рассматриваемого гидрогеологического района представляет собой высоко приподнятую плоскую равнину, окаймленную со всех сторон крутыми обрывами — чинками, которые составляют его естественную границу. Поверхность плато слабо расчленена; равнинные его очертания нарушены лишь небольшими бессточными впадинами. Климат района резко континентальный, сухой. Годовое количество осадков не превышает 100—120 *мм* при очень высокой величине испаряемости (1000—1200 *мм*).

На чинках и склонах впадин обнажаются отложения палеогена, а само плато сложено породами сармата. Вблизи некоторых впадин встречаются массивы эоловых песков (Сам и Асмантай-Матай), а на их дне — озерно-соровые осадки.

В связи с широким распространением на всей площади плато силь-

но пористых, кавернозных сарматских известняков и известковистых песчаников здесь большую часть площади занимает сарматский водоносный горизонт. Некоторую площадь занимает также водоносный горизонт в эоловых песках.

Комплекс сарматских отложений, с которым связаны широко распространенные здесь подземные воды порово-трещинного типа, слагает почти всю поверхность плато Устюрт. Воды в них выходят в виде источников лишь вдоль чинков плато и на склонах впадин, а на водоразделах вскрываются колодцами глубиной от 15—20 *м* в северных частях плато до 50—60 *м* на юге. Мощность обводненной части водовмещающих пород (за вычетом глубин до воды) составляет преимущественно 10—30 *м*.

Дебиты колодцев, вскрывающих верхнюю часть водоносного горизонта, и родников составляют 1—10 *м³/сутки* (0,01—0,1 *л/сек*), редко достигая 45 *м³/сутки* (0,5 *л/сек*). С глубиной дебит воды увеличивается. Так, по данным Самской партии Казахского гидрогеологического треста, в некоторых скважинах он равен 170—260 *м³/сутки* (2—3 *л/сек*).

Водоотдача пород не определялась. Общая пористость известняков-ракушечников, отобранных из различных мест Устюрта, составляет 32—45%, оолитовых известняков —30—40% и известковистых песчаников—20—27%. Водоотдача их, даже при половинном значении указанных величин, может быть принята в 0,10—0,15. В краевых частях Устюрта воды тоже пресные и слабосолоноватые, с минерализацией 1—3 *г/л*. В зависимости от степени минерализации изменяется и состав воды от сульфатного (реже гидрокарбонатного) кальциевого до хлоридного натриевого.

Общая площадь распространения сарматского водоносного горизонта в пределах казахстанской части Устюртского плато составляет около 95 тыс. *км²*, в том числе в зоне развития преимущественно пресных и слабосолоноватых вод (1—3 *г/л*) —45 тыс. *км²* и зоне солоноватых и слабосоленых вод (3—10 *г/л*) —50 тыс. *км²*.

Допуская, что подземные воды сплошь распространены только на $^2/_3$ площади водоносного горизонта и принимая в расчет лишь нижние пределы коэффициента водоотдачи и мощности горизонта, указанные выше вековые запасы зон соответственно составят около 30 и 34 млрд. *м³*, или 1 млн. *м³* с 1 *км²* водоносного горизонта. Непрерывная эксплуатация только пресных и слабосолоноватых вод горизонта в течение 100 лет позволит получить около 5 *м³/сек*.

Ориентировочная величина ежегодно возобновляемых запасов подземных вод горизонта за счет инфильтрации зимних осадков (примерно 10% от 40 *мм* только в хорошо обнаженной части плато, принятой условно равной половине площади горизонта) составляет 180 млн. *м³* в год. В случае забора только половины годового пополнения запасов вод для обводнения территории путем рационального использования имеющихся и заложения новых колодцев глубиной 15—50 *м* можно получить дополнительно около 3 *м³/сек* воды. Всего, таким образом, при непрерывной эксплуатации может быть извлечено около 8 *м³/сек* воды, а при нормальной эксплуатации эта величина будет увеличена вдвое.

В пределах *песчаных массивов Сам и Матайкум*, представленных мелко- и среднезернистыми песками, на площади примерно 2200 *км²* распространены грунтовые воды. Они залегают в межбугристых понижениях на глубине 1—5 *м*. Мощность водоносной зоны составляет 5—25 *м*, но пресная и слабосолоноватая вода занимает только верхнюю часть мощностью 2—10 *м*. Среднее значение коэффициента водоотдачи песков 0,10. Пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией до 1—3 *г/л* содержатся главным образом в центральных частях песчаных

массивов (на площади 1500 *км*²). По периферии распространены солоноватые и соленые воды с минерализацией 3—10 *г/л*. Производительность водопунктов чаще всего равняется 10—20 *м³/сутки* (0,1—0,25 *л/сек*), иногда достигает 80—85 *м³/сутки* (1 *л/сек*).

Прогнозные вековые запасы грунтовых вод эоловых песков ориентировочно составляют в зоне преимущественного развития пресных и слабосолоноватых вод 750 млн. *м³*, а в зоне развития солоноватых и слабосоленых —350 млн. *м³*, суммарно —1,1 млрд. *м³*, т. е. 0,5 млн. *м³* на 1 *км²* площади.

Извлечение подземных вод путем понижения наполовину мощности водоносного горизонта в течение 50 лет нормальной эксплуатации позволит получить до 0,7 *м³/сек* воды. Ежегодно возобновляемые запасы только в пределах массива Сам при величине инфильтрации атмосферных осадков 9 *мм*, т. е. 15% зимне-весенних осадков, составляют более 13 млн. *м³*, что позволит дополнительно получить еще 0,4 *м³/сек* воды. Таким образом, со всей территории песчаных массивов Сам и Матайкум можно извлечь 1,1 *м³/сек* воды, или 0,67 *л/сек* с 1 *км²* площади.

Воды эоловых песков служат важным источником водоснабжения участков отгонных пастбищ и населенных пунктов.

Таким образом, общие прогнозные вековые запасы только пресных и слабосолоноватых грунтовых вод сарматских отложений и песчаных массивов на площади Устюрта достигают 31 млрд. *м³* при величине годового восполнения более 190 млн. *м³*. Эти запасы позволят получить до 9 *м³* воды в секунду, или около 0,2 *л/сек* с 1 *км²* площади водоносного комплекса.

XXV. ПЛАТО ЮЖНЫЙ МАНГЫШЛАК И ТЮБКАРАГАН

Ж. С. СЫДЫКОВ

По устройству поверхности, характеру слагающих пород и плану расположения основных структурных элементов плато Южный Мангышлак и примыкающего к нему плато Тюбкараган аналогичны с описанным плато Устюрт и отличаются от него только более низким гипсометрическим положением. Это плоскоравнинная территория с несколькими глубокими впадинами (Карагие, Каунды, Басыгурлы, Жазыгурлы и др.) и сухими долинами. Климат района резко континентальный. Годовое количество осадков не более 100—150 *мм* в год.

На чинках и склонах глубоких впадин, особенно на севере, обнажаются отложения мела и палеогена, а сами плато сложены сильно пористыми, кавернозными известняками и известковистыми песчаниками сармата и понт-меотиса. На северо-востоке расположены крупные песчаные массивы, а на дне впадин развиты озерно-соровые осадки.

Самым широко распространенным является водоносный горизонт пористых, кавернозных известняков сармата и понт-меотиса, составляющих единую водовмещающую толщу. Воды, заключенные в ней, большей частью вскрыты колодцами глубиной от 10—15 на севере до 30—40 *м* на юге. Мощность водоносной зоны составляет 10—30, в среднем около 14 *м*.

Дебиты колодцев, вскрывающих верхнюю часть водоносного горизонта, изменяются от 1—10 (0,01—0,1) до 85—170 *м³/сутки* (1—2 *л/сек*).

Из некоторых скважин, заложенных на плато Тюбкараган, по данным Гурьевской гидрогеологической экспедиции Казахского гидрогеологического треста, извлечено 340—430 *м³/сутки* (4—5 *л/сек*) воды при понижении на 3—5 *м*.

Водоотдача пород может быть принята равной 0,06.

Встречаются воды с плотным остатком 0,5—1,5, а также 3—5 *г/л* и более. В зависимости от степени минерализации изменяется и состав воды от гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого до хлористого натриевого.

Общая площадь распространения водоносного горизонта 24 тыс *км²*, в том числе зоны развития преимущественно пресных вод с минерализацией 1—1,5 *г/л* — около 3 тыс. *км²*, слабосолоноватых вод с минерализацией 3—5 *г/л* — 9 тыс. *км²*. На этой территории многолетние запасы подземных вод составляют (при коэффициенте водоотдачи 0,06 и средней мощности горизонта 10 *м*) в зоне развития главным образом пресных вод 5,0 млрд. *м³*, слабосолоноватых —5,4 млрд. *м³*, солоноватых и слабосоленых — 7,2 млрд. *м³*, в сумме — 15 млрд. *м³*, т. е. 0,60 млн. *м³* на 1 *км²* площади водоносного горизонта. Непрерывная эксплуатация подземных вод наполовину мощности водоносного горизонта только в пределах первой и второй зон позволяет получить в течение 100 лет 2,4 *м³* воды в секунду, а при нормальной эксплуатации — 4,8 *м³/сек*.

Значительную площадь в северо-восточной части района занимает водоносный горизонт эоловых песков Саускан, Туесу, Сенек, Карынжарык и другие. Эти массивы сложены мелкозернистыми незакрепленными или слабозакрепленными песками. Среднее значение коэффициента водоотдачи песков для группы массивов Саускан, Туесу, Сенек принимается равным 0,12, а для Карынжарыкского массива —0,1.

Мощность водоносной зоны 5—10 *м*, но пресные и солоноватые воды с минерализацией до 3—5 *г/л* занимают только верхнюю ее часть мощностью 2—5 *м*. Пресные воды с минерализацией 1—1,5 *г/л* содержатся в основном в центральных частях песчаных массивов. В верхней части водоносного горизонта на периферии указанных песчаных массивов, а также в песках Карынжарык содержатся в основном солоноватые воды. Площади распространения преимущественно пресных и солоноватых вод соответственно составляют 1,3 и 2,5 тыс. *км²*.

Исходя из приведенных данных, прогнозные многолетние запасы грунтовых вод эоловых песков в зоне развития преимущественно пресных вод будут составлять более 450 млн. *м³*, а в зоне развития солоноватых — более 700 млн. *м³*, всего — 1,15 млрд. *м³*, т. е. 0,3 млн. *м³* на 1 *км²* площади. Нормальная эксплуатация (в дневные часы) только половины этих запасов в течение 50 лет позволит получить более 0,7 *м³/сек* воды. Ежегодно восполняемые запасы вод за счет инфильтрации зимних осадков (около 10% от 60 *мм*) на площади полузакрепленных и незакрепленных песчаных массивов составят около 23 млн. *м³*, или 0,7 *м³/сек*.

Таким образом, суммарная величина эксплуатационных запасов пресных и слабосолоноватых грунтовых вод песчаных массивов составляет примерно 1,4 *м³/сек*, а вместе с водами сармат-меотических отложений — около 3,8 *м³/сек*, т. е. почти 0,4 *м³/сек* с 1 *км²* площади водоносного комплекса.

XXVI. ПРИКАСПИЙСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ

Ж. С. СЫДЫКОВ

Названный гидрогеологический район занимает территорию Прикаспийской низменности, представляющей собой плоскую низменную равнину. Поверхность ее имеет ничтожный уклон в сторону Каспийского моря, у побережья которого отметка местности составляет 28 *м* ниже уровня океана. Одной из характерных особенностей района является наличие в южной его части множества соленых озер, солончаков и соров. В северной и северо-восточной частях района протекает ряд рек: Урал, Эмба, Уил, Сагиз, Большой и Малый Узени и другие, с общим годовым стоком около 14 млрд. $м^3$. Но среди них постоянное течение имеет только р. Урал, которая доносит свои воды до Каспия, остальные теряются в бессточных впадинах.

Поверхность низменности сложена песчано-глинистыми осадками четвертичных трансгрессий Каспия. Они подстилаются различным комплексом пород от четвертичных до пермо-триаса, общее структурное положение которого осложнено многочисленными соляными куполами. Долины рек сложены аллювиальными отложениями. На отдельных участках низменности, и особенно широко на междуречье рек Волга — Урал, развиты массивы эоловых песков.

Подземные воды грунтового типа приурочены ко всем генетическим типам четвертичных отложений.

Морские отложения Каспийских трансгрессий, представленные глинами, песчанистыми глинами, суглинками и песками, слагают всю поверхность Прикаспийской низменности. Грунтовые воды приурочены к песчаным и суглинистым отложениям мощностью 2—10 *м* и залегают на глубине от 1 *м* в понижениях до 10—15 *м* на возвышенных участках.

Сильная засоленность каспийских образований, наличие многочисленных солончаков, соленых озер и соляных куполов обусловливают исключительно высокую минерализацию грунтовых вод. Содержание солей в воде почти на всей площади распространения водоносного комплекса составляет десятки и сотни граммов на литр. Пресные и слабосолоноватые воды за счет фильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков формируются в самой верхней части водоносного горизонта в северной, восточной и отчасти южной (п-ов Бузачи) окраин района, где каспийские отложения, будучи дренированы логами, оврагами-суходолами и долинами рек, в значительной мере промыты от солей. Водоносный горизонт со слабой минерализацией грунтовых вод распространен на площади примерно 40—50 тыс. $км^2$. Здесь они могут быть вскрыты на глубине 10—15 *м,* и при небольшом углублении водоприемной части колодцев в водоносный слой можно получить 15—45 $м^3/сутки$ (0,2—0,5 *л/сек*) воды, что вполне удовлетворяет потребности мелких животноводческих хозяйств.

Принимая мощность опресненной зоны в среднем 2,0 *м* и значения коэффициента водоотдачи в 0,10 и допуская, что пресные и слабосолоноватые воды распространены не более чем на половине указанной площади, т. е. на 25 тыс. $км^2$, многолетние запасы грунтовых вод каспийских отложений будут составлять ориентировочно 5,0 млрд. $м^3$. При длительной непрерывной эксплуатации водоносного горизонта (50 лет) и понижении уровня воды наполовину его мощности можно получить соответственно 1,5 и 3,0 $м^3/сек$, или 0,06 (0,12) *л/сек* с 1 $км^2$ площади.

Аллювиальные отложения, представленные переслаивающимися песками, супесями, суглинками и глинами, развиты по долинам рек

Урала, Кушума и других. С ними повсеместно связаны грунтовые воды порового типа. Водовмещающими являются мелко- и среднезернистые пески, реже галечники с прослоями глин, суммарной мощностью от 3—5 до 10—12 *м*. Грунтовые воды пополняются главным образом паводковыми водами и в меньшей степени атмосферными осадками.

Грунтовые воды залегают на различной глубине — от 1—5 *м* на нижних до 10—20 *м* на высоких террасах. Минерализация воды колеблется в широких пределах, но чаще преобладают воды с минерализацией 1—3 *г/л*. По составу пресные воды относятся к гидрокарбонатным кальциевым, солоноватые — к сульфатно-хлоридным натриевым. С глубиной минерализация обычно нарастает, а тип воды становится однородным — хлоридным натриевым.

Несмотря на несколько повышенную минерализацию в местах близкого залегания (1—3 *м*), грунтовые воды служат одним из основных источников питьевого, сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения. Особенно они перспективны в северной части территории. В районе г. Уральска каждая из заложенных эксплуатационно-разведочных скважин при вскрытии вод аллювия долины Урала на глубине 8—16 *м* дает 1,4—3,4 тыс. *м³/сутки*, или 16—38 *л/сек* при понижении уровня до 10 *м*. К югу в связи с увеличением в песках глинистых фракций водоотдача горизонта резко сокращается.

Основные расчетные параметры аллювиального водоносного горизонта и ориентировочные многолетние запасы грунтовых вод долин даны в таблице 10.

Таблица 10

Долины рек	Основные параметры водоносного горизонта			Многолетние запасы	
	площадь распространения, *км²*	мощность, *м* (средняя)	водоотдача	общие, млрд. *м³*	единичные с 1 *км²*, млн *м³*
Урала и Кушума с притоками:					
а) в Уральской области	7000	10	0,12	8,4	1,2
б) в Гурьевской области	5000	3	0,10	1,5	0,3
Большой и Малый Узени с Камыш-Самарскими разливами	1500	3	0,10	0,4	0,3
Балдыгайты и Булдырты	8000	3	0,10	0,2	0,3
Всего	21500	—	—	10,5	2,1

Сработка многолетних запасов аллювиальных вод наполовину мощности горизонта с учетом ежегодно возобновляемых позволит получить более 1,6 *м³* пресной и слабосолоноватой воды в секунду, что вполне обеспечивается естественными пополнениями вследствие инфильтрации атмосферных осадков и речных вод.

Эоловые песчаные отложения, состоящие из мелкозернистых пылеватых песков, редко супесей, слагают массивы Нарын, Бийрюк, Тайсуган, Прикаспийские Каракумы и Бузачи. Наличие здесь крупных массивов с хорошо проницаемыми породами способствует быстрому поглощению значительной части зимне-весенних атмосферных осадков и накоплению в них пресных и слабосолоноватых грунтовых вод. Среди субаэральных образований особо выделяются Нарынские пески, занимающие более 40 тыс. *км²* (рис. 84). Здесь, особенно в северной части, на площади 20 тыс. *км²*, как показали исследования Института геологических наук (Ахмедсафин и др., 1951—1952), имеются значительные

запасы пресных и слабосолоноватых вод, залегающих на глубине от 2—3 до 5—10 *м*. Слабоминерализованные воды заключены также и в песчаных массивах Бийрюк, Тайсуган (в дельте р. Уил), Кзылкум, Джинишке (центральная часть п-ова Бузачи) на площади около 3000 *км*². В прибрежно-морской части Нарынских песков, Прикаспийских Каракумах и в некоторых песчаных массивах п-ова Бузачи (Уахкумы) на площади примерно 25 тыс. *км*² содержатся пестрые по

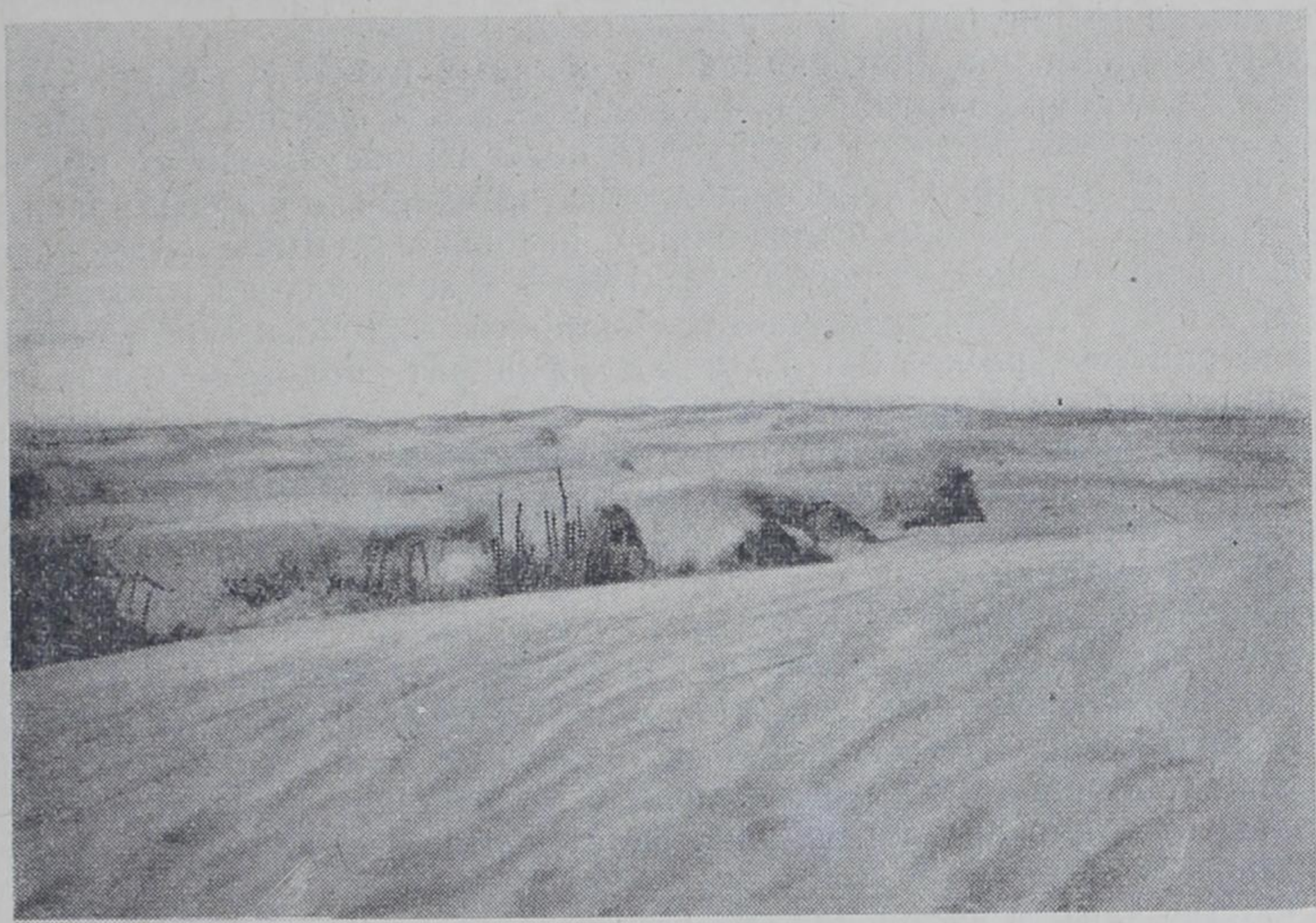


Рис. 84. Нарынские пески (Гурьевская область).

степени минерализации воды, где наряду с пресными (в центральных частях массивов) встречаются солоноватые и соленые с минерализацией 3—10 *г/л*.

На всех песчаных массивах, являющихся прекрасными пастбищными участками, при небольшом углублении водоприемной части колодцев в водоносный слой можно получить от 5—10 до 25—40 *м*³/*сутки* (от около 0,1 до 0,3—0,5 *л/сек*) воды. Особенно значительны дебиты водопунктов, заложенных в пределах крупно- и среднебугристых Урдинских массивов, в северной части Нарынских песков и в некоторых массивах п-ова Бузачи (пески Кзылкумы). Здесь водоотдача мелко- и среднезернистых водовмещающих песков составляет в среднем 0,12 при мощности водоносного слоя в 3 *м*. Водовмещающие породы других песчаных массивов более обогащены пылеватыми частицами, что понижает их водоотдачу до 0,10. Мощность более или менее опресненной части водоносной зоны не превышает 1—3 *м*, в среднем — 1,5 *м*.

Исходя из приведенных данных и учитывая то, что водоносный горизонт с более стабильным положением уровня воды занимает около $^2/_3$ площади песчаных массивов, многолетние запасы грунтовых вод эоловых песков составят в зоне преимущественного распространения пресных и слабосолоноватых вод 9 млрд. *м*³, а в зоне распространения солоноватых и слабосоленых — 2 млрд. *м*³.

Общие многолетние запасы грунтовых вод эоловых песков получают ежегодно большое пополнение главным образом за счет инфильтрации некоторой части (около 15%) зимне-весенних атмосферных

осадков. Величина этого пополнения только в пределах зоны преимущественного распространения пресных и слабосолоноватых вод, т. е. на площади 23 тыс. *км*^{2}, составляет около 200 млн. *м*^{3}, или 6,7 *м*^{3}/*сек*. Даже не затрагивая больших естественных запасов, примерно такое же количество воды можно извлечь из водоносного горизонта путем заложения неглубоких (до 5 *м*) колодцев.

Наряду с грунтовыми водами в пределах Прикаспийской низменности значительное распространение получили *артезианские воды*. Вследствие замкнутого, полузамкнутого характера водовмещающих структур и наличия многочисленных соляных куполов, прорывающих толщу водоносных горизонтов, на большей части района артезианские воды отличаются высокой минерализацией и совершенно не пригодны для водоснабжения. Слабосолоноватые артезианские воды развиты в толще альб-сеноманских отложений в низовьях р. Эмбы (Ахмедсафин, 1961) и вскрываются на глубине от 100—250 *м* на юго-востоке до 300—500 *м* и более в западной части. Мощность водоносных, в основном мелкозернистых, песков 25—70 *м*. Коэффициент водоотдачи для мелкозернистых песков равен 0,12.

Довольно мощные горизонты самоизливающихся артезианских вод с минерализацией от 1 до 3—3,5 *г/л* установлены в толще верхнего альба в южной части Южной Эмбы, к востоку от полосы Кулсары — Тюлюс — Карачунгул, на площади примерно 14,2 тыс. *км*^{2}. Здесь они залегают вблизи соляных куполов на глубине 50—150 *м*, а за их пределами — на глубине 150—800 *м*. Скважины, заложенные в них, дают при самоизливе 860—1000 *м*^{3}/*сутки*, или 10—12 *л/сек* воды. В настоящее время воды, вскрытые скважинами в краевых зонах соляных куполов Биикджал, Мунайли, Ушкан, Кумшете, Коныркудук и других, успешно используются для питья, водопоя скота и отчасти для оазисного орошения.

Общие запасы солоноватых (1—5 *г/л*) артезианских вод описываемого района, по данным У. М. Ахмедсафина (1961), составляют 50 млрд. *м*^{3}, или около 4,5 млн. *м*^{3} с 1 *км*^{2} площади водоносного горизонта. При непрерывной эксплуатации только половины этих запасов в течение 100 лет можно получить 8 *м*^{3} воды в секунду путем заложения скважин глубиной 150—350 *м*.

Таким образом, прогнозные многолетние и вековые запасы грунтовых и артезианских вод главным образом периферийной части Прикаспийской низменности составляют около 76 млрд. *м*^{3}, что при длительной эксплуатации позволит получить более 12 *м*^{3}/*сек* пресных и слабосолоноватых вод, а при нормальном использовании — 24 *м*^{3}/*сек*. Значение расходного модуля в среднем равно 0,1—0,3 *л/сек* с 1 *км*^{2} площади.

ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ

У. М. АХМЕДСАФИН

Данные бурения ряда глубоких структурно-геологических и гидрогеологических скважин, вскрывших термальные воды, а также анализ структурно-геологических, гидрогеологических и термических условий обширных впадин дали возможность высказать соображения о широком распространении в глубоких горизонтах артезианских бассейнов Казахстана теплых и горячих термальных вод. Эти воды чаще всего вскрываются на глубинах, превышающих 600—700 *м*. Однако в Кзылкумах, предгорьях Каратау, Северо-Западном Приаралье и на Мангышлаке воды с температурой 30—40°С встречены даже на глубинах, не превышающих 300—500 *м*. В Илийской впадине в рыхлых третичных (возможно, и меловых) песчаниках максимальная температура воды 96°С у устья скважины была установлена на глубине около 2700 *м*. На Мангышлаке в альбских песках горячая вода (56—60°С) отмечена на глубине 800—900 *м*. В Карагандинском бассейне в породах акбастауской свиты вода с температурой 45°С вскрыта на глубине более 1000 *м*. В Северо-Казахстанской области в юрских песках и песчаниках горячие воды (около 49°С) обнаружены в интервале глубин 1483—1496 *м*, в Келесском бассейне в меловых песках на глубине 1000—1400 *м* скважиной вскрыты горячие воды с температурой от 48 до 51°С. Термальные воды на глубинах 500—600 *м* установлены также в Аральском, Донгусстауском, Южно-Эмбенском и некоторых других бассейнах.

Термальные воды образуются в основном в глубоких водоносных горизонтах артезианских бассейнов, приуроченных к меловым, юрским и подстилающим их палеозойским породам. В водоносных горизонтах указанных возрастных комплексов наблюдается относительно медленный водообмен или относительно застойный режим, при котором создается благоприятная обстановка для прогревания подземных вод.

В верхних водоносных горизонтах, связанных с третичными и четвертичными отложениями, ввиду небольшого термического запаса в породах, существования активного водообмена и беспрерывного поступления холодных масс воды условия для образования термальных вод значительно ухудшаются, поэтому здесь такие воды встречаются значительно реже, чем в меловых и юрских породах.

Термальные воды, приуроченные к глубоким горизонтам впадин с относительно медленным водообменом в водоносных горизонтах, за некоторым исключением, характеризуются несколько повышенной минерализацией, щелочным составом и содержанием ряда ценных микроэлементов, особенно таких, как SiO_2, Br, I, иногда и сероводорода, радона, способствующих улучшению обмена веществ в организме человека. Это обстоятельство, а также температурный фактор дают основание термальные теплые и горячие воды в большинстве случаев относить к типу минеральных, имеющих целебное значение.

Целебные термальные воды в Казахстане установлены в районе Челкарского, Донгустауского, Южно-Эмбенского, Мангышлакского, Келесского и Илийского бассейнов. Можно полагать, что при дальнейшем изучении лечебные термальные артезианские воды будут выявлены и во многих других бассейнах республики и в том числе в бассейнах некоторых промышленных районов Центрального Казахстана (Караганды, Атасу, Атбасара и др.).

Формирование термальных вод связано с геотермической ступенью земли, которая может меняться в значительных пределах в зависимости от геологической обстановки, близости скрытых вулканических очагов, какими являются активные зоны земной коры, особенно вблизи горных сооружений, наличия биогенных процессов (например, обусловленных деятельностью различного рода бактерий), распада радиоактивных веществ, происходящего на определенных участках земли. Циркуляция горячих подземных и холодных вод, поступающих сверху, тоже может сильно повлиять на геотермику. Не исключена возможность, что, например, наличие теплых и даже горячих вод в Кзылкумах на небольшой глубине обусловлено разгрузкой термальных вод Приташкентского бассейна в направлении Кзылкумской депрессии.

Примером охлаждающего влияния вод, обусловливающих увеличение геотермической ступени, а вместе с тем уменьшение температуры горячих вод, могут служить быстро циркулирующие подземные воды предгорных шлейфов. Именно циркуляцией холодных подземных вод предгорных шлейфов, поступающих сверху, можно объяснить, например, тот факт, что в одной из опорных скважин Илийской впадины геотермическая ступень оказалась равной 63 *м*, а термальные воды, залегающие на большой глубине, имели невысокую температуру. Здесь с поверхности на глубине многих сотен метров залегают рыхлообломочные отложения, в которых циркулируют холодные массы воды. В другой скважине впадины, начиная с небольшой глубины, вскрывшей мощные толщи водоупорных глин, экранирующих нижележащие водоносные горизонты от поступления верхних холодных вод, геотермическая ступень составила всего 31 *м*. Соответственно этому термальные воды имели более высокую температуру.

Ареалы распространения термальных вод глубоких депрессий Казахстана с учетом мощности рыхлообломочных пород и, следовательно, возможности наличия глубоких водоносных горизонтов, а также предполагаемых геотермических ступеней на прогнозной схеме оконтурены особой пунктирной линией (см. рис. 10). Площадь, занимаемая теплыми и горячими водами на территории Казахстана, составляет около 900 тыс. *км*^{2}. В ней заключены огромные ресурсы вод, достигающие многих сотен миллиардов кубометров.

В термальных водах заключены огромные энергетические ресурсы. Ими можно теплофицировать города и населенные пункты, что позволит избежать завоза издалека дорогостоящего топлива и загрязнения атмосферы вредными для здоровья людей сернистыми, углеродистыми соединениями, сажей и копотью. Не менее важны теплые и горячие воды для создания парниковых хозяйств, а в отдельных местах и геотермических электростанций. Термальные воды имеют большое значение для организации бальнеологических курортов в важнейших экономических районах республики. Наконец, теплые воды, нередко обогащенные микроэлементами, могут быть широко использованы для полива технических, зерновых, плодоягодных и огородно-бахчевых культур. Это позволит стимулировать быстрый рост и созревание указанных культур даже независимо от капризов природы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМ ПРОВИНЦИЯМ

У. М. АХМЕДСАФИН, Ж. С. СЫДЫКОВ, С. М. МУХАМЕДЖАНОВ, Н. Я. ЯКУПОВА, С. М. ШАПИРО, С. К. КАЛУГИН

Изложенные материалы показывают, что обширные районы Казахстана, характеризующиеся разнообразными природно-гидрогеологическими условиями, благоприятствуют формированию и широкому распространению больших ресурсов грунтовых и артезианских вод. Дальнейшее изучение этих вод и проведение соответствующих организационных мероприятий позволит решить важнейшие водохозяйственные проблемы. Обобщающие сведения о природных условиях размещения и формирования указанных ресурсов подземных вод приводятся в нижеследующих провинциях.

Восточно-Казахстанская провинция, охватывающая 5 гидрогеологических районов, расположена в зоне горноскладчатых сооружений, представленных жесткими палеозойскими и отчасти рыхлообломочными образованиями кайнозоя. Горные районы, аккумулирующие значительное количество метеорных вод, будучи сложены трещиноватыми породами, являются мощными областями питания подземных вод. В условиях активного водообмена здесь на глубине 50—100 *м* циркулируют пресные воды, формирующиеся за счет просачивания обильных атмосферных осадков и разгружающиеся в понижениях в виде источников с расходами 86—258 *м*³/*сутки* (1—3 *л/сек*), а по разломам — до 430—2580 *м*³/*сутки* (5—30 *л/сек*). Горные районы, особенно в пределах развития изверженных пород, обладают большими, ежегодно возобновляемыми ресурсами, достигающими 2,5 млрд. *м*³, или в среднем 1 *л/сек* на 1 *км*².

Более 80 тыс. *км*² площади занимают в Восточном Казахстане возвышенные и мелкосопочные равнины, в которых преимущественно развиты трещинные воды интрузивных и эффузивно-осадочных комплексов, залегающие на глубине 30—40 *м*. Они относятся в основном к пресным и слабосолоноватым и питают многочисленные источники с преобладающими дебитами от 8,6 до 86 *м*³/*сутки* (0,1—1 *л/сек*).

В районах развития одних только интрузивных пород и известковистых песчаников заключено до 10 млрд. *м*³ вековых и 574 млн. *м*³ ежегодно возобновляемых ресурсов. Эксплуатационные запасы при 50-процентной сработке вековых вместе с возобновляемыми достигают 22 *м*³/*сек*.

В галечниковых и гравийно-песчаных отложениях конусов выноса предгорных равнин, долинах рек Иртыша, Бухтармы, Убы, Ульбы и других существуют мощные потоки пресных грунтовых вод, циркулирующих на глубинах 80—100 *м*. Производительность скважин в водоносных комплексах 172—5160 *м*³/*сутки* (2—60 *л/сек*). Многолетние ресурсы составляют 78 млрд. *м*³, а возобновляемые — 2,3 млрд. *м*³ в год. Возможные эксплуатационные запасы достигают 86 *м*³/*сек*.

Более 9 тыс. *км*^{2} площади в Восточном Казахстане занимают бугристо-грядовые пески, представляющие значительные резервуары пресных и слабосолоноватых грунтовых вод, залегающих на глубине 5—15 *м*. Вековые ресурсы их около 30 млрд. *м*^{3}, а ежегодно возобновляемые за счет зимне-весенних осадков — 304 млн. *м*^{3}. Прогнозные эксплуатационные расходы при 50-процентной сработке вековых и возобновляемых ресурсов достигают 15 *м*^{3}/*сек*.

Артезианские и субартезианские воды Восточного Казахстана сосредоточены в основном в третичных и предгорных четвертичных рыхлообломочных отложениях Алакульской и Зайсанской впадин. По качеству они пресные и слабосолоноватые и залегают на глубинах 100—200 *м*. Производительность их в скважинах колеблется от 80 до 4300 *м*^{3}/*сутки* (1—50 *л*/*сек*). Прогнозные вековые запасы напорных подземных вод предположительно исчисляются десятками миллиардов кубометров.

В целом Восточный Казахстан обладает большими ресурсами подземных вод. Только учтенные их запасы при 50—80-процентной сработке с учетом возобновляемых достигают 235—272 *м*^{3}/*сек* (при нормальном расходовании — 460—544 *м*^{3}/*сек*). Они могут широко использоваться для водоснабжения городов, промышленных объектов, орошения полей и обводнения пастбищ.

Центрально-Казахстанская провинция с 7 гидрогеологическими районами, занимающая площадь около 800 тыс. *км*^{2}, большей частью представляет мелкосопочную равнину с останцами возвышенного мелкосопочника и низкогорья. Хорошая обнаженность жестких пород, которыми сложена мелкосопочная часть равнин, и наличие раскрытых и нередко промытых структур благоприятствуют формированию здесь подземных вод преимущественно трещинного и трещинно-карстового типа за счет инфильтрации атмосферных осадков и речных вод.

Трещинные воды неглубокой циркуляции (до 30 *м*) связаны почти со всеми палеозойскими породами, среди которых наибольшей водообильностью отличаются зоны гранитоидов и кварцитов, занимающие около 30% площади. Источники дают расходы до 86—172 *м*^{3}/*сутки* (1—2 *л*/*сек*). В них заключено почти 15 млрд. *м*^{3} запасов преимущественно пресных и слабосолоноватых вод, эксплуатационные возможности которых достигают 4,5 *м*^{3}/*сек*.

Значительные ресурсы высокопроизводительных, частью напорных подземных вод (с дебитами скважин до 860—8600 *м*^{3}/*сутки*, или 10—100 *л*/*сек*) сосредоточены в закарстованных известняках Джезказган-Улутауского, Атасуйского, Успенского, Карагандинского, Целиноградского и некоторых других районов. Вековые прогнозные запасы пресных и слабосолоноватых вод известняков и известковистых песчаников Центрального Казахстана, равные 108 млрд. *м*^{3}, при сработке 50% вместе с возобновляемыми дают эксплуатационные расходы до 55 *м*^{3}/*сек*.

Мощные высокопроизводительные грунтовые потоки пресных и слабосолоноватых вод, формирующиеся за счет атмосферных осадков, речных вод и подземного стока, существуют в гравийно-галечниковых отложениях древних и современных долин. Они циркулируют на глубинах 5—10 *м* и достигают производительности в скважинах 2580—4300 *м*^{3}/*сутки* (30—50 *л*/*сек*). Многолетние запасы грунтовых вод наиболее крупных долин составляют 51 млрд. *м*^{3}, а ежегодно возобновляемые — более 1 млрд. *м*^{3}. Прогнозные эксплуатационные запасы вместе с возобновляемыми определяются в 50 *м*^{3}/*сек*.

В пределах широких плоских равнин междуречья Ишима — Иртыша, сложенных песчано-глинистыми третичными отложениями, ввиду слабой дренированности и затрудненного водообмена распространены

грунтовые воды в основном с повышенной минерализацией и незначительной производительностью. Пресные и слабосолоноватые воды, формирующиеся вследствие фильтрации речных вод, аккумулируются преимущественно по долинам рек Иртыша и Ишима. Прогнозные вековые ресурсы грунтовых вод поймы и высоких террас долины Иртыша составляют около 24 млрд. $м^3$, а ежесекундный расход с 50-процентной сработкой — 7,5 $м^3$.

Подземные воды мелкосопочной части Центрального Казахстана с эксплуатационными расходами, достигающими 106 $м^3/сек$, являются важным источником водоснабжения всех отраслей народного хозяйства.

В пределах Тургайских равнин, где водоносные горизонты представлены песками, алевритами континентального олигоцена (особенно по древним долинам) или же меловыми песками (ЮВ часть Южной зоны), распространены преимущественно пресные и слабосолоноватые грунтовые воды, характеризующиеся значительной производительностью — 8,6—86 $м^3/сутки$ (0,1—1 *л/сек*).

Там, где водоносные горизонты замещаются песчаными глинами, аргиллитами или же прикрываются мощной толщей водоупорных глин аральской свиты, в результате исключительно затрудненного водообмена в водоносных горизонтах и континентального засоления формируются главным образом соленые грунтовые воды с низкой производительностью (десятые доли кубометра), залегающие на глубинах от 5—10 до 20—30 *м*.

В центральной (полупустынной) и особенно в южной (пустынной) зонах Тургайских равнин, в эоловых песках Приаральских Каракумов вследствие инфильтрации зимне-весенних осадков формируются пресные и слабосолоноватые грунтовые воды, характеризующиеся значительной производительностью — от 8,6—86 до 430 $м^3/сутки$ (0,1—1—5 *л/сек*) — и небольшой глубиной залегания (1—10 *м*).

Тургайские равнины, несмотря на сложные природно-гидрогеологические условия, заключают 105 млрд. $м^3$ вековых, 1,4 млрд. $м^3$ ежегодно возобновляемых ресурсов пресных и слабосолоноватых грунтовых вод. Эксплуатационные запасы при 50-процентной сработке вековых и многолетних с учетом возобновляемых составляют около 70 $м^3/сек$.

Ресурсы грунтовых вод широко используются для рассредоточенного водоснабжения целинных совхозов и обводнения пастбищ.

В Центральном Казахстане наряду с грунтовыми значительно распространены пресные и слабосолоноватые артезианские и субартезианские воды. Они приурочены к девоно-карбоновым карбонатным отложениям (гидрогеологические параметры и ресурсы которых охарактеризованы вместе с грунтовыми водами); к юрским рыхлым конгломератам Михайловско-Сокурской мульды с глубиной залегания вод 30—70 *м* и вековыми ресурсами 6 млрд. $м^3$ (эксплуатационные расходы 2 $м^3/сек$); к меловым и третичным пескам и песчаникам Прииртышской, Тоболо-Убаганской и Мынбулакской депрессий с глубиной залегания от 100—200 до 500—800 *м*, производительностью скважин 43—2580 $м^3/сутки$ (0,5—30 *л/сек*) и вековыми запасами 634 млрд. $м^3$ (эксплуатационные ресурсы 111—178 $м^3/сек$). Связаны они также с третичными песчаными отложениями Келлеровского бассейна, где залегают на глубине 20—100 *м*, имеют производительность 25,8—559 $м^3/сутки$ (0,3—6,5 *л/сек*) и вековые запасы 30 млрд. $м^3$ (эксплуатационные ресурсы 5 $м^3/сек$).

Все учтенные прогнозные запасы грунтовых и артезианских вод Центрально-Казахстанской провинции при 50—80-процентной сработке вековых и многолетних с учетом ежегодно возобновляемых составля-

ют, таким образом, 311—443 *м³/сек* (при нормальном использовании — 622—886 *м³/сек*). Большая часть их может быть направлена на водоснабжение городов, населенных пунктов, обводнение пастбищ и отчасти для оазисного орошения полей.

Южно-Казахстанская провинция с 7 гидрогеологическими районами находится в области высокогорных сооружений с ледниками, вечными снегами и в зоне бескрайних пустынь с огромным скоплением рыхлых кластических материалов. Такие природные контрасты обусловили здесь весьма благоприятные условия для формирования и широкого распространения различных типов подземных вод. В выветрелой и трещиноватой зоне палеозойских пород горноскладчатых областей Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау в результате просачивания обильных метеорных вод происходит интенсивное формирование подземного стока, циркулирующего на глубинах до 50—100, иногда и более метров. Так как трещинные воды находятся в зоне активного водообмена, то они отличаются высоким качеством, значительной производительностью источников (в гранитоидах она составляет 43—430 *м³/сутки*, или 0,5—5,0 *л/сек*, в известняках — от 258—430 (3—5) до 8600—43 000 *м³/сутки*, или 100—500 *л/сек*). Ориентировочные только учтенные многолетние ресурсы трещинных вод интрузивных пород составляют десятки миллиардов кубических метров, известняков — около 60 млрд. *м³*. Возобновляемые запасы различных водоносных комплексов превышают 4,6 млрд. *м³* в год, или 1,8 *л/сек* с 1 *км²*.

Горные области, отличающиеся большой обеспеченностью водными ресурсами, вместе с тем служат мощными областями питания подземных вод ниже расположенных предгорных и межгорных равнин юга Казахстана. Огромным резервуаром грунтовых вод является толща галечников, песков и супесей предгорных шлейфов и пролювиальных равнин, простирающихся более чем на 1300 *км*. Собирая трещинные воды и до 50% расходов горных рек, предгорные равнины способствуют формированию мощных грунтовых потоков, циркулирующих в вершинах конусов выноса на глубинах 50—100 *м*. На периферии они образуют зоны выклинивания в виде многочисленных источников, речек карасу с расходами, иногда достигающими 8600—43 000 *м³/сутки* (0,1—0,5 *м³/сек*).

Грунтовые воды относятся к пресным. Только в пролювиальных суглинистых равнинах минерализация их местами повышается до 2—3 *г/л*. Производительность их в зависимости от литологического состава комплекса изменяется от десятых долей до 4300 *м³/сутки* (до 50 *л/сек*). Вековые прогнозные ресурсы пресных вод предгорных равнин превышают 160 млрд. *м³*. При 50-процентном повсеместном использовании их с учетом возобновляемых эксплуатационные расходы составляют 93 *м³/сек*.

Более 270 тыс. *км²* в Южном Казахстане занимают пустыни, представленные мощными аллювиально-эоловыми песчаными отложениями. С ними повсеместно связаны обширные грунтовые потоки, формирующиеся вследствие инфильтрации атмосферных осадков, речных вод и подземного стока. Мощность водоносного горизонта колеблется от 10—30 до 200—250 *м*. Глубина залегания воды чаще всего составляет 5—30, редко достигая 80—100 *м*. За исключением конечных частей потоков грунтовые воды относятся к пресным и слабосолоноватым. В Муюнкумах и Прибалхашье на глубине 100—150 *м* минерализация воды уменьшается в 2—3 раза. Производительность грунтовых вод в примитивных копанях 8,6—68,8 *м³/сутки* (0,1—0,8 *л/сек*), в скважинах при понижении до 5—12 *м* увеличивается до 258—516 *м³/сутки* (3—6 *л/сек*). Прогнозные вековые ресурсы пресных и слабосолоноватых грунтовых

вод песков превышают 1 триллион 300 млрд. $м^3$, ежегодно возобновляемые — 3,1 млрд. $м^3$. Эксплуатационные расходы при 50—80-процентной сработке вместе с возобновляемыми достигают 320—450 $м^3/сек$. Песчаные пустыни Южного Казахстана, представляющие уникальные подземные водоемы, должны сыграть большую роль в освоении природных ресурсов засушливых зон.

Общие прогнозные ресурсы поровых грунтовых вод Южного Казахстана, превышающие 413—554 $м^3/сек$ (при нормальном использовании — 826—1108 $м^3/сек$), широко могут быть использованы в народном хозяйстве.

В гидрогеологических районах Южного Казахстана значительные площади занимают артезианские и субартезианские воды. Будучи связанными с песчаными и гравийно-галечниковыми горизонтами меловых, третичных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений обширных предгорных впадин, они образуют до 15 артезианских бассейнов с глубиной залегания вод от 100—400 до 500—800 *м*. Большая часть бассейнов заключает пресные и слабосолоноватые высоконапорные и самоизливающиеся воды; производительность скважин — от 86—860 до 4300—8600 $м^3/сутки$, или от 1 —10 до 50—100 *л/сек*. Региональные прогнозные вековые запасы бассейнов, даже без учета упругих запасов, которые нередко составляют 30% основных, достигают 3 триллионов кубометров. При 50—80-процентной сработке в течение 100—130 лет с учетом возобновляемых они дадут эксплуатационные расходы порядка 523—783 $м^3/сек$.

Все учтенные ресурсы грунтовых и артезианских вод Южного Казахстана, составляющие 953—1365 $м^3/сек$ (при нормальном использовании — 1906—2730 $м^3/сек$), являются важнейшими источниками оазисного орошения, обводнения пастбищ и водоснабжения населенных пунктов.

Западно-Казахстанская провинция, включающая 7 гидрогеологических районов, характеризуется разнообразными природно-гидрогеологическими условиями. В пределах Урало-Мугоджарских гор в результате интенсивного просачивания зимне-весенних атмосферных осадков в выветрелой зоне палеозойских пород на глубине 5—50 *м* формируются слабоминерализованные трещинные воды. Разгружаясь, они дают начало многочисленным источникам с дебитами до 430—600 $м^3/сутки$, или 5—7 *л/сек*. Особенно водообильны ультраосновные интрузивные, основные вулканогенные породы, известняки и известковистые песчаники. Прогнозные ресурсы трещинных вод равны примерно 16 млрд. $м^3$, а величина годового восполнения — около 150 млн. $м^3$. Эксплуатационные расходы вместе с ежегодно восполняемыми при повсеместной непрерывной эксплуатации достигают 8 $м^3/сек$.

В западном предгорье Урала и Горного Мангышлака на глубине 50—100 *м* залегают трещинные воды пермо-триасовых песчаников с минерализацией 1,5—2 *г/л*. Расходы отдельных источников и скважин достигают 172—258 $м^3/сутки$ (2—3 *л/сек*), а местами — 688—860 $м^3/сутки$ (8—10 *л/сек*). Рациональное использование многолетних и восполняемых ресурсов позволяет получать до 3,3 $м^3/сек$ воды. В Актюбинском Приуралье, Примугоджарье, Урало-Эмбенском плато и в Прикаратауских долинах Мангышлака пресные грунтовые воды с дебитами до 172—258, местами — до 602—860 $м^3/сутки$ (2—3; 7—10 *л/сек*) заключены в меловых песках и песчаниках. Ориентировочные вековые ресурсы их составляют 58 млрд. $м^3$. Прогнозные эксплуатационные расходы при повсеместном 50-процентном использовании в течение 100 лет вместе с восполняемыми составляют 9 $м^3/сек$.

В третичных песках, известняках и отчасти эоловых песках Устюр-

та, Южного Мангышлака и Северного Приаралья на глубине 10—60 *м* широко развиты грунтовые воды с пестрой минерализацией. Прогнозные вековые запасы пресных и слабосолоноватых грунтовых вод, равные 50 млрд. $м^3$, вместе со 174 млн. $м^3$ восполняемых обусловливают наличие эксплуатационных ресурсов, достигающих 14 $м^3/сек$. В Прикаспийской низменности на площади более 800 тыс. $км^2$ распространены неглубоко залегающие пресные, слабосолоноватые и солоноватые грунтовые воды эоловых отложений. Эксплуатационные запасы их достигают 10 $м^3/сек$.

Одним из важных источников водоснабжения являются пресные и слабосолоноватые воды речных долин, многолетние запасы которых в пределах Западного Казахстана превышают 44 млрд. $м^3$. Сработка только половины их в течение длительного времени с учетом быстрой их возобновляемости (в размере 52 $м^3/сек$) позволяет получить более 66 $м^3$ воды в секунду.

Эксплуатационные запасы грунтовых вод Западного Казахстана, при 50—80-процентной сработке достигающие 140—184 $м^3/сек$ (при нормальном использовании — 280—368 $м^3/сек$), являются важным резервом водоснабжения и обводнения пастбищ.

Весьма широко распространены в Западном Казахстане также артезианские воды, связанные главным образом с альб-сеноманскими песчаными горизонтами, слагающими геологические структуры Арало-Каспийской низменности. Глубина залегания их от 100—300 *м* на периферии депрессии увеличивается до 500—700 *м* в центральных частях. В большинстве бассейнов заключены пресные, слабосолоноватые и отчасти солоноватые высоконапорные и самоизливающиеся воды с производительностью в скважинах от 258—344 $м^3/сутки$ (3—40 $л/сек$).

Прогнозные региональные вековые ресурсы главнейших бассейнов достигают 2083 млрд. $м^3$. При 50—80-процентной непрерывной и повсеместной сработке вековых запасов в течение 100 лет эксплуатационный расход составит 337—538 $м^3/сек$ (при нормальном использовании — 674—1076 $м^3/сек$).

Все учтенные ресурсы грунтовых и артезианских вод Западного Казахстана (472—713 $м^3/сек$, при нормальном использовании — 944—1426 $м^3/сек$) являются важными источниками орошения сотен тысяч гектаров засушливых земель и обводнения десятков миллионов гектаров бескрайних пустынных пастбищных территорий.

Таким образом, разностороннее изучение природно-гидрогеологических условий республики, установление закономерностей формирования, размещения подземных вод и на этой основе составление прогнозных и гидрогеологических карт позволили не только выявить и выделить большое число артезианских бассейнов и гидрогеологических районов, но и всесторонне охарактеризовать условия залегания, накопления, пространственное распределение, химизм и производительность грунтовых и артезианских вод по важнейшим гидрогеологическим районам и провинциям республики. В результате нового регионального прогнозного подхода к изучению ресурсов подземных вод впервые в практике гидрогеологического изучения аридных районов удалось выявить огромные вековые и многолетние ресурсы пресных и слабосолоноватых артезианских и грунтовых вод гравитационного типа, достигающие 7,5 триллионов кубометров, и 25 млрд. $м^3$ ежегодно восполняемых. Это количество воды, даже без учета упругих запасов артезианских бассейнов, по объему равно 25 Азовским морям. Извлечение ее на поверхность земли позволило бы все пустынные районы республики покрыть равномерным слоем воды в 10 *м*.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

У. М. АХМЕДСАФИН

1. Выявление на территории республики огромных ресурсов подземных вод открывает большие перспективы их использования для развития народного хозяйства. Если, учитывая современные технические возможности, в течение продолжительного времени беспрерывно срабатывать до 50% региональных вековых запасов, а в будущем величину сработки довести до 80%, то эксплуатационные ресурсы с учетом ежегодно возобновляемых составили бы соответственно 1970—2800 *м*³/*сек*. При нормальном использовании (производя отбор для орошения только в вегетационные периоды, а для водоснабжения — только в дневные часы) расход подземных вод можно было бы довести до 3940—5600 *м*³/*сек*. Это примерно в 6—9 раз превышает средний расход такой крупнейшей реки, как Сыр-Дарья.

Следует подчеркнуть, что наибольший размер эксплуатационных запасов — 950—1360 *м*³/*сек* (при нормальном использовании — 1960—2730 *м*³/*сек*) — приходится на южные области республики, в которых имеются самые благоприятные почвенно-климатические условия для организации орошаемого земледелия и обводнения бескрайних пастбищных территорий.

Указанных водных ресурсов недр Казахстана при повсеместном и рациональном их использовании достаточно было бы для того, чтобы оросить до 5 млн. *га* засушливых земель, обеспечить водой многочисленные населенные пункты, промышленные объекты и обводнить 100 млн. *га* пустынно-степных пастбищ.

2. Сравнительно неглубоко залегающие (5—30 *м*) грунтовые воды для обводнения, мелкого водоснабжения выгоднее извлекать с помощью хорошо закрепленных и систематически ремонтируемых шахтных колодцев, сооруженных с применением механических колодцекопателей, и отчасти трубчатых колодцев. Пройденные в водоносном горизонте на глубину не менее 2—4 *м* и оборудованные фильтрами и водоподъемниками стационарного или передвижного типа, иногда и запасными резервуарами, они оказываются удобными в эксплуатации. С целью получения более значительных дебитов грунтовых вод, необходимых для крупного водоснабжения совхозных центров, оазисного орошения, создания прудов и водоемов, могут сооружаться отдельные высокодебитные шахтные или трубчатые колодцы больших диаметров, опущенные в водоносные горизонты на глубину не менее 10—15 *м*. Водоприемные части таких колодцев для обеспечения больших водопритоков

обязательно должны быть оборудованы обратными гравийно-песчаными фильтрами и средствами откачки. Такие колодцы могут дать до 860—1300 *м³/сутки* (10—15 *л/сек* и более) воды. В местах очень близкого залегания грунтовых вод (до 3 *м*), например в Муюнкумах, Приаральских Каракумах, зонах выклинивания конусов выноса, с целью получения значительных ресурсов воды для орошения полей могут сооружаться горизонтальные водосборные галереи, способные давать десятки и сотни литров воды в секунду.

3. Наиболее эффективным методом эксплуатации артезианских и отчасти сравнительно глубоко залегающих грунтовых вод (свыше 50 *м*) является сооружение скважин. Проходка и оборудование одной скважины при соответствующей организации труда в среднем составит не более 10—15 рабочих дней. При современном уровне буровой техники эти работы можно максимально механизировать и ускорить строительство водокаптажных сооружений без привлечения большого количества рабочей силы, строительных материалов и тяжелой землеройной техники.

На первых порах (15—20 лет) для орошения и обводнения пастбищ наиболее целесообразным будет эксплуатация самоизливающихся и фонтанирующих высокопроизводительных (от 240—2500 до 4300—8000 *м³/сутки*) артезианских вод, распространенных на площади 400—500 тыс. *км²*. При этом часто отпадает необходимость оборудования скважин глубинными насосными установками. Артезианские воды могут использоваться не только на местах, но и подаваться на десятки километров по водопроводу на участки, бедные водными источниками.

Артезианские воды, поступающие со значительных глубин, в большинстве случаев имеют повышенную температуру и иногда содержат ценные микроэлементы. Использование их для орошаемого земледелия позволяет сокращать вегетационные периоды и получать в некоторых районах по два урожая сельскохозяйственных культур. В зимние сезоны такие воды удобны для обводнения пастбищ и водопоя скота. Горячие термальные воды с успехом могут быть использованы также для лечебных целей, теплофикации населенных пунктов, пастбищных центров и организации парниковых хозяйств.

4. В целях продолжительного сохранения даровой энергии артезианских бассейнов, обусловливающей естественный выход воды на поверхность земли, а также во избежание быстрой сработки напоров и уменьшения расходов вследствие взаимного влияния эксплуатационных скважин, последние должны располагаться на значительном расстоянии друг от друга, во всяком случае не менее чем в 2—4 *км*.

Следует, однако, отметить, что артезианские бассейны нередко представляют собой упругие системы, находящиеся под большим гидростатическим напором, т. е. гидростатическое давление при тех или иных нарушениях может довольно быстро передаваться из вышележащих участков бассейна в нижележащие, обусловливая восстановление сработанных напоров естественным или искусственным путем. Это положение имеет большое значение для организации управления напорами и расходами воды в эксплуатационных скважинах. Если время от времени (на ночь и в зимние сезоны) частично или почти полностью закрывать скважины и сокращать отбор воды на 80—90% против эксплуатационных, то можно добиться частичного или полного восстановления напоров и расходов воды в скважинах. Наконец, увеличения передачи гидростатического давления в соседние скважины и выхода из них воды самотеком, по-видимому, можно добиться накачиванием в водоносные горизонты сжатого воздуха или же путем искусственных взрывов.

Для более полного использования ресурсов подземных вод со зна-

чительной (50—80%) сработкой вековых или многолетних запасов напорных и ненапорных вод скважины, как правило, должны вскрывать большую часть мощности водоносного горизонта и оборудоваться глубинными погружными или многоступенчатыми центробежными насосами с соответствующими двигательными установками. Применение мощных средств для откачки обусловливает не только подъем воды, но и значительно повышает производительность (дебиты) скважин.

Концентрированное извлечение высоких расходов подземных вод с больших глубин, находящихся вне досягаемости современными высокопроизводительными глубинными насосами, потребует, очевидно, сооружения глубоких шахт с насосной станцией, сопряженных наклонными скважинами или же горными выработками. Например, рудник Миргалимсай, находящийся в аналогичных условиях, дает от 2 до 5 $м^3$ воды в секунду.

5. В практике использования подземных вод, особенно артезианского типа, широко должны применяться механизация, автоматика, телемеханика, намного облегчающие орошение, обводнение, водоснабжение пустынно-степных районов. Расположение артезианских скважин (а в местах наличия грунтовых вод и трубчатых колодцев) большими группами и соединение их между собой автоматическим управлением (по примеру нефтяных промыслов) даст возможность в южных, юго-восточных и северо-западных районах создать оазисы на тысячи гектаров и возделывать важные сельскохозяйственные культуры и ценные корма. Высокодебитные артезианские скважины, соединенные с несколькими резервуарами с помощью переносных или стационарных водопроводов, расположенных по нескольким лучам, позволяют также эффективно обводнять десятки тысяч гектаров пастбищ с наименьшими затратами времени и средств, облегчает создание в пастбищных центрах благоустроенных озелененных поселков, обеспеченных овощами, фруктами.

6. Использование местных подземных водоисточников для целей водоснабжения, орошения и обводнения обходится во много раз дешевле, чем водообеспечение с помощью строительства крупных каналов, водохранилищ и длинных водопроводов. Расчеты С. К. Калугина по водоснабжению Джезказгана показывают, что при производительности скважин от 5 до 100 *л/сек* и использовании воды на месте (без строительства водопровода) стоимость 1 $м^3$ воды варьирует от 0,06 до 1,3 коп. При той же производительности скважин, но с подачей воды по водопроводу на расстояние от 10 до 50 *км* стоимость 1 $м^3$ воды обходится от 1,1 до 3,3 коп.

Стоимость подачи 1 $м^3$ воды из скважины на поля орошения в среднем составляет 1—3 коп. Например, затраты на орошение 1 *га* земли* (с учетом стоимости скважины, насоса, двигателя для одного подъема, резервуара, разводящей сети и амортизационного срока) при поливной норме 0,5 *л/сек* на 1 *га*** и дебитах 300-метровой скважины от 3 до 50 *л/сек* варьирует от 210 до 48 руб. С увеличением дебитов скважин стоимость орошения уменьшается: ориентировочная стои-

---

* Расчеты основаны на данных стоимости оборудования, опубликованных в книге И. Ф. Володько «Использование подземных вод для орошения и водоснабжения», М., Сельхозгиз, 1955.

** При аналогичной поливной норме в супесчаных почвах Приаральской опытной станцией с применением удобрений было получено (в центнерах) с 1 *га*: картофеля — 200—300, арбузов и дынь — 200—250, томатов — 400—500, люцерны — 80—100, лука — 150—300, пшеницы — 25—30 (А. Г. Гаэль, М. С. Коликов, Е. А. Малюгин, Е. С. Останин. «Песчаные пустыни Северного Приаралья и хозяйственное их освоение». М., 1950).

мость полива 1 *га* при среднем дебите 300-метровой скважины 15 *л/сек* составляет около 80 руб. В Индии, например, средняя стоимость орошения 1 *га* земли из скважины равна примерно 320 рупий (61 руб.).

Стоимость обводнения 1 *га* пастбищ (для водопоя скота) из артезианских скважин, расположенных в глубинных районах, колеблется примерно от 3,5 до 7 руб. Обводнение с помощью простейших шахтных колодцев обходится еще дешевле. В аналогичных условиях затраты на обводнение 1 *га* с помощью большой протяженности магистральных каналов обходится в 70—140 руб.

7. Целесообразность использования подземных вод в народном хозяйстве объясняется небольшими капитальными затратами на сооружение скважин, ничтожными размерами земляных работ, возможностью быстрого ввода в эксплуатацию водокаптажных сооружений и подачи воды потребителю и, наконец, быстрой окупаемостью средств, вложенных на водохозяйственное строительство. Однако, несмотря на очевидную выгодность, подземные воды в народном хозяйстве все еще используются очень слабо, а в ирригации — в крайне ничтожных размерах. Ежесекундный расход водных ресурсов, используемых для водоснабжения, обводнения и оазисного орошения, не превышает 20—25 $м^3$.

Между тем в различных странах с засушливым климатом подземные воды эксплуатируются в очень больших масштабах. В Индии, например, подземными водами орошается до 7 млн. *га*, в Иране для орошения и водоснабжения расходуется до 650 $м^3/сек$, а в США — до 1300 $м^3/сек$.

Большие успехи в использовании подземных водных ресурсов для орошения и водоснабжения достигнуты, например, в Азербайджане, Дагестане, Узбекистане, Туркмении и в некоторых других аридных районах СССР.

8. В целях резкого улучшения эксплуатации ресурсов подземных вод в различных отраслях народного хозяйства и особенно в обводнении пастбищ и орошении полей необходимо:

а) изучение экономики и организации использования подземных вод в различных отраслях народного хозяйства, усовершенствование существующих, разработка новых методов их эксплуатации, создание конструкции высокодебитных колодцев и скважин, экономичных и безотказных в действии фильтров, водоподъемных и опреснительных установок;

б) широкое строительство водокаптажных сооружений на основе организации управления по использованию подземных вод и создание специальной службы для их эксплуатации;

в) расширение разведочных работ, усовершенствование методов опробования водоносных горизонтов;

г) расширение научно-исследовательских работ по всестороннему изучению региональной, мелиоративной и специальной гидрогеологии, гидрохимии, геотермии, гидродинамики, закономерностей формирования, размещения, распределения, режима, баланса артезианских и грунтовых вод, по составлению прогнозных региональных и специальных карт, а также по определению вековых, многолетних и ежегодно возобновляемых водных ресурсов недр и перспектив их использования.

При соответствующей постановке научно-исследовательских, конструкторских и опытных работ и проведении эффективных организационных мероприятий богатые ресурсы подземных вод аридных районов республики, не требующие больших затрат при эксплуатации, будут привлечены на службу народному хозяйству Казахстана.

В решении этой государственной задачи, по мнению авторов, настоящий труд должен оказать большую помощь организациям, занимающимся изучением, планированием, использованием водных ресурсов для нужд сельского, коммунального хозяйства и промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамов Н. А. Арасанские минеральные ключи в Семипалатинской области. «Вестник РГО», 1958, ч. 23, т. 5, кн. 11.

Авров П. Я., Дальян И. Б. Опыт проходки скважин на воду методом вращательного бурения с применением промысловой геофизики. «Разведка и охрана недр», 1958, № 8.

Аленицын В. Об источниках пресной воды на берегах Аральского моря. Труды Арало-Каспийской экспедиции. Вып. V, СПб., 1877.

Алекин О. А. Основы гидрохимии. М., Гидрометеоиздат, 1953.

Альтовский М. Е. О классификации эксплуатационных запасов подземных вод. «Советская геология», 1947, № 19.

Альтовский М. Е. Принципы составления мелкомасштабных гидрогеологических карт. В сб.: «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», № 14. М., 1956.

Аносов А. Гидрогеологическое описание юго-западной и южной частей Каркаралинского уезда Семипалатинской области. СПб., Изд-во ОЗУ, 1916.

Антипов-Каратаев И. Н., Имшенецкий А. И., Баум В. А. Некоторые аспекты комплексного изучения засушливых зон СССР. В кн.: «Проблемы комплексного изучения засушливых зон СССР». М., Изд.-во АН СССР, 1963.

Аргентов К. И. Семиреченские минеральные источники Джетысу. Материалы Особой комиссии АН СССР по исследованию союзных и автономных республик, сер. казахстанская, вып. 9. Л., 1927.

Архангельский Г. И. Приемы составления гидрогеологических и инженерно-геологических карт. «Разведка недр», 1937, № 23 и 24.

Ассовский Г. Н. Гидрогеологические условия восточной части Кокчетавской области. В сб. статей по геологии и гидрогеологии, вып. 1. М., Госгеолтехиздат, 1960.

Афанасьев Т. П. Подземные воды Среднего Поволжья и Прикамья и их гидрохимическая зональность. Под редакцией Н. Н. Славянова. М., Изд-во АН СССР, 1956.

Ахмедсафин У. М. О повышении уровня грунтовых вод на поливных землях. «Вестник КазФАН СССР», 1945, № 1.

Ахмедсафин У. М. Зональность грунтовых вод предгорной равнины Киргизского Алатау. «Вестник АН КазССР», 1947, № 1—2.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды Западного Казахстана. «Вестник АН КазССР», 1949, № 2.

Ахмедсафин У. М. О режиме грунтовых вод песчаных пустынь. «Вестник АН КазССР», 1950, № 3.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1951.

Ахмедсафин У. М. Поисковые признаки подземных вод в песчаных пустынях, «Вестник АН КазССР», 1951, № 1.

Ахмедсафин У. М. Основные коллекторы подземных вод Сары-Арка. «Вестник АН КазССР», 1951, № 12.

Ахмедсафин У. М. Напорные воды некоторых районов Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1952, вып. 15.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды Казахстана. В кн.: «Очерки по физической географии Казахстана». Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1952.

Ахмедсафин У. М. О классификации режима грунтовых вод в ирригационных районах. «Вестник АН КазССР», 1952, № 2.

Ахмедсафин У. М., Сыдыков Ж. С. Карта гидрогеологических районов Центрального Казахстана м-ба 1 : 3 000 000. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1954.

Ахмедсафин У. М. О подземном питании озера Балхаш. «Вестник АН КазССР», 1955, № 10.

Ахмедсафин У. М. Успехи гидрогеологического изучения Казахстана за 40 лет. В кн.: «Наука Казахстана за 40 лет Советской власти». Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1957.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды Казахстана и перспективы их изучения и использования в народном хозяйстве в шестой пятилетке. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Ахмедсафин У. М. Ресурсы подземных вод засушливых районов Казахстана и пути их использования для обводнения пастбищ, водоснабжения и оазисного орошения. «Вестник АН КазССР», 1957, № 4.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды Центрального Казахстана и перспективы их использования для водоснабжения промышленности, городов и населенных пунктов. В кн.: «Производительные силы Центрального Казахстана», т. 5 (Энергетика и водное хозяйство, строительство и транспорт). Алма-Ата, 1959.

Ахмедсафин У. М. Карта прогноза артезианских бассейнов Казахстана. «Вестник АН КазССР», 1959, № 11.

Ахмедсафин У. М. Подземные моря Казахстана (на индийском языке). Журнал «Индия», 1959, № 3.

Ахмедсафин У. М., Сыдыков Ж. С., Дальян И. Б. Артезианские воды Восточного Приаралья и условия их формирования. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1961, вып. 2.

Ахмедсафин У. М. Подземные воды Казахстана и возможности их использования. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1961, вып. 3.

Ахмедсафин У. М., Сыдыков Ж. С. О видоизменении формулы Курлова. «Гидрохимические материалы», 1961, т. XXXIV.

Ахмедсафин У. М. Методика составления карт прогнозов и обзор артезианских бассейнов Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1961.

Ахмедсафин У. М. Основные итоги изучения подземных вод Целинного края и перспективы сельскохозяйственного водоснабжения. «Вестник АН КазССР», 1962, № 1.

Ахмедсафин У. М., Губарев А. Н., Сыдыков Ж. С., Якупова Н. Я. Грунтовые воды Тургайских равнин и их ресурсы. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1963, № 2.

Ахмедсафин У. М. Прогнозные карты артезианских и грунтовых вод Казахстана. «Вестник АН СССР», 1963, № 10.

Ахунбаев И. К., Григоренко П. Г. Гидрогеологические условия Чуйской долины в связи с эпидемией зоба. Труды ИГ АН КиргССР. Фрунзе, 1955.

Бабинец А. Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы. Киев, 1961.

Баркалов И. А., Олексенко В. П. Связь подземных вод с ярусным строением рельефа в Джезказган-Улутауском районе. «Вестник АН КазССР», 1958, № 10.

Баркалов И. А. Из опыта эксплуатации подземных вод Жанайской брахиантиклинальной структуры. В кн.: «Большой Джезказган», Алма-Ата, 1961.

Балуховский К. Р. Гидрогеологические условия южной половины трассы Южно-Казахстанской железной дороги Караганда — Балхаш. «Разведка недр», 1935, № 17.

Бедер Б. А. Воды артезианских бассейнов Узбекистана. «Узбекский геологический журнал», 1958, № 6.

Бедер Б. А., Мавлянов Г. А. О путях широкого использования термальных подземных вод Приташкентского артезианского бассейна. «Узбекский геологический журнал», 1958, № 5.

Бейром С. Г., Михайлова Е. В., Никольская Ю. П. Формирование стока и химического состава подземных вод олигоценовых отложений Иртышского артезианского бассейна. «Геология и геофизика», 1961, № 7.

Белякова Е. Е. Распределение молибдена в подземных водах некоторых сульфидных месторождений Центрального Казахстана. В сб.: «Геохимические поиски рудных месторождений в СССР». М., Госгеолтехиздат, 1957.

Беркалиев З. Т. Гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1959.

Биндеман Н. Н. Определение динамических запасов грунтовых вод по водоотдаче песков. М., 1952 (Информ. мат. лабор. инж. гидрогеол. ВНИИ Водгео. № 3).

Биндеман Н. Н. Определение водопроницаемости горных пород методом инфильтрации при неустановившемся движении. «Развитие и охрана недр», 1957, № 10.

Богданов Г. Я. Грунтовые воды восточной части массива Волго-Уральских песков. В кн.: «Вопросы изучения подземных вод и инженерно-геологических процессов». М., 1955.

Богданович К. И. Ишимская степь между Петропавловском и Омском в отношении ее водоносности. «Известия горных инженеров», 1893, № 1.

Богомолов Г. В. Формирование пресных напорных вод на примере некоторых пустынных зон (Африка, ЮВ Азия, СССР и др.). В кн.: «Проблема засоления почв и водных источников». М., Изд-во АН СССР, 1960.

Богомолов Г. В. К вопросу о закономерностях распространения подземных вод в пределах Русской платформы. В кн.: «Проблемы гидрогеологии». М., 1960.

Богомолов Г. В., Яншина М. С., Плотникова Г. Н., Флерова Л. И. Подземные воды центральной и западной частей Русской платформы (палеозой). Минск, Изд-во АН БССР, 1962.

Большаков М. Н., Григоренко П. Г. Перспективы использования подземных вод Чуйской долины для орошения (гидрогеологические исследования). Труды Ин-та водного хозяйства и энергетики АН КиргССР, вып. 3. Фрунзе, 1949.

Большой Джезказган. Геология и металлогения. Труды Объединенной научной сессии по проблеме развития производительных сил Джезказганского промышленного района. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1961.

Боровский В. М., Погребинский М. А. Древняя дельта Сыр-Дарьи и Северные Кзылкумы. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1958.

Бородин Р. В. Определение запасов подземных вод на опыте гидрогеологических исследований в районах рудных месторождений Средней Азии. Труды Ин-та геологии АН УзбССР, вып. 3. Ташкент, 1949.

Борукаев Р. А. Допалеозой и нижний палеозой северо-востока Центрального Казахстана (Сары-Арка). М., Госгеолтехиздат, 1955.

Борукаев Р. А. Формация допалеозоя и нижнего палеозоя северо-востока Центрального Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1953, вып. 17.

Бочкарев В. П. Инженерно-геологическое районирование Илийской впадины и прогноз переработки берегов Капчагайского водохранилища. Труды Второго совещания по подземным водам и инженерной геологии Восточной Сибири, вып. 2. Иркутск, 1959.

Бочкарев В. П. Инженерно-геологическая характеристика покровных отложений Илийской впадины. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1961, вып. 1.

Бочкарева В. А., Владимиров Н. М., Мухамеджанов С. М., Якупова Н. Я. Гидрогеологический очерк Кокчетавской области. В кн.: «Гидрогеологические очерки целинных земель Актюбинской, Кокчетавской и Северо-Казахстанской областей». Алма-Ата, 1958.

Бочкарева В. А., Шапиро С. М. Условия формирования химического состава подземных вод верхнетретичных отложений Северного Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, вып. 1.

Бочевер Ф. М. О классификации запасов подземных вод для целей водоснабжения. «Советская геология», 1957, № 62.

Бочевер Ф. М., Кожевникова Е. А. О методике оценки запасов подземных вод для водоснабжения в долине рек Центрального Казахстана. «Разведка и охрана недр», 1957, № 9.

Бурак М. Т. Гидрогеологическая характеристика юго-западного склона Кара-тау в районе кишлака Карнак. В сб.: «Материалы по гидрогеологии Узбекистана», вып. 15. Ташкент, 1935.

Бурак М. Т. О результатах работ по выявлению и предварительной разведке артезианских бассейнов в Центральных и Северных Кзылкумах. Труды II Узбекистанского гидрогеологического совещания. Ташкент, Изд-во АН УзбССР, 1959.

Бурцев Д. Н. О гидрогеологических условиях Карагандинского района. «Народное хозяйство Казахстана», 1931, № 7.

Бутов П. И. К вопросу об определении запасов подземных вод. Труды I Всесоюзного гидрогеологического съезда. М., 1931.

Василевский П. М. Краткая гидрогеологическая характеристика бассейна р. Таласа и Терс-Ассы. «Вестник ирригации», 1926, № 1.

Василевский П. М. Схема основного гидрогеологического районирования Европейской части СССР. «Советская геология», 1928, № 8—9.

Василевский П. М. О гидрогеологическом районировании территории СССР. «Природа», 1940, № 4.

Викторов С. В. Сообщества-индикаторы грунтовых вод в Тургай-Иргизской полупустыне. «Бюллетень МОИП», отд. биол., 1960, т. 65, вып. 5.

Вихерский В. Гидрогеологические исследования северной части Иргизского уезда Тургайской области. Отчет за 1911—1912 гг. СПб., Изд-во ОЗУ, 1913.

Владимиров А. Г. Мелиоративно-гидрогеологические условия и дренаж в Сыр-Дарьинском районе Голодной степи. «Гидротехника и мелиорация», 1951, № 10.

Владимиров Н. М., Федин Н. Ф. Условия формирования минерализации грунтовых вод песчаных массивов Северного Прикаспия. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1954, вып. 18.

Владимиров Н. М., Мухамеджанов С. М. Результаты поисков подземных вод в Кокчетавской области и вопросы водоснабжения новых совхозов. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957, с. 91—99.

Владимиров Н. М., Сыдыков Ж. С., Мухамеджанов С. М. Подземные воды континентального олигоцена Тургайской впадины и Северного Казахстана. В сб.: «Научные труды Казахского горнометаллургического института», Геология. Алма-Ата, 1959, № 18.

Водные ресурсы Казахстана. Труды научно-технической конференции, состоявшейся в г. Алма-Ате 23—26 апреля 1956 г., Алма-Ата, 1957.

Выходцев А. П. Карагандинский юрский артезианский бассейн. В кн.: «Основные итоги геологического изучения Карагандинского бассейна за 25 лет». Караганда, 1956.

Вялов О. С. Гидрогеологический очерк Устюрта. Труды ВГРО, вып. 319. М., 1935.

Гаэль А. Г. Гидрогеологические наблюдения над грунтовыми водами в песках Северного Приаралья. Труды Второго Всесоюзного географического съезда, т. 2. М., 1948.

Гаэль А. Г., Коликов М. С, Малюгин Е. А., Остапин Е. С. Песчаные пустыни северного Приаралья. М., 1950.

Галицкий В. В. Источники типа воклюз в Центральном Каратау и геологическое строение их окрестностей. «Известия АН СССР», серия геологическая, 1936, № 2—3.

Гармонов И. В. Первые итоги изучения грунтовых вод Северного Прикаспия (докл. гидрогеол. секции МОИП 27. III 1952 г.). «Бюллетень МОИП», отд. геол., 1952, т. 27, вып. 3.

Гармонов И. В., Иванов А. В., Нефедова Е. И., Смирнова Г. Н., Сугробов В. М. Подземные воды юга Западно-Сибирской низменности и условия формирования их. Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского, т. XXXIII. М., Изд-во АН СССР, 1961.

Гатальский М. А. Гидрогеологические исследования в районе ст. Луговая. Труды Узбекского геологического управления, вып. 6. Ташкент, 1936.

Гафуров В. Г. Принципы инженерно-геологического районирования орошаемых территорий на примере Голодной степи. «Геология», АН УзССР, 1961, № 2.

Герасимов И. П. Современные проблемы геоморфологии Казахстана. Стенограмма лекций. Алма-Ата, КазФАН СССР, 1943.

Герасимов В. Г. Новые данные о подземных водах Татарии. Труды Татарского нефтяного н.-и. ин-та, вып. 3. Казань, 1961.

Гидрогеологические очерки целинных земель Актюбинской, Кокчетавской и Северо-Казахстанской областей. Под ред. акад. У. М. Ахмедсафина. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1958.

Гинден М. Открыватели подземных морей. (О гидрогеологах КазССР). «Смена», 1959, № 14.

Голубь А. Г. Гидрогеология Казахстана за 25 лет Советской власти. «Известия КазФАН СССР», серия геологическая, 1945, вып. 6—7, с. 227—240.

Голубь А. Г. Результаты разведки и изучения подземных вод Илийской впадины. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Грибанов И. П. Улучшение водоснабжения животноводческих хозяйств Казахстана. Труды ВНИИ гидротехники и мелиорации, т. 25, вып. 2. М., 1948.

Григоренко П. К., Большаков М. К. Перспективы использования подземных вод Чуйской долины для орошения. Труды Ин-та водного хоз-ва и энергетики АН КиргССР, вып. 3(6). Фрунзе, 1956.

Гринев В. Я., Зайцев И. К. Гидрогеологический район станций Алма-Ата—Биже. Труды Главного геол.-разв. объединения, вып. 263. М., 1933.

Гринев В. Я. Подземные воды основных промышленных районов Северо-Восточного Казахстана (Карсакпай, Караганда, Прибалхашстрой). В сб.: «Водные богатства недр земли — на службу социалистическому строительству», вып. 4. Регион гидрогеол. М., Госгеонефтеиздат, 1934.

Гринев В. Я. Подземные воды Большого Джезказгана. Труды Казахстанской базы АН СССР, вып. 7; Большой Джезказган. Сборник материалов по проблеме комплексного изучения и освоения природных ресурсов Джезказган-Улутауского района Центрального Казахстана. М., 1935.

Гринберг С. В., Осипова Н. А. О подземном питании горных рек северного склона Заилийского Алатау. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1963, вып. 5 (56).

Грунтовые воды Прикаспийской низменности и их режим. (В пределах Волго-Уральского междуречья). М., Изд-во АН СССР, 1960.

Губарев А. Н. Результаты гидрогеологических работ, связанных с обеспечением водой новых совхозов Кустанайской области. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957, с. 94—99.

Губарев А. Н. Ресурсы подземных вод Тургайской впадины, состояние их изученности и дальнейшие задачи. В кн.: «Объединенная научная сессия по проблемам Тургайского регионально-экономического комплекса в г. Кустанае». Алма-Ата, 1956, с. 116.

Губарев А. Н. Ресурсы подземных вод в Притобольском, Кустанайском промышленном районе и перспективы их использования. В сб.: «Перспективы водоснабжения Притобольского р-на Кустанайской области». М., Изд-во АН СССР, 1961.

Гудочкина Л. М. Фильтрационные свойства грунтов северной части Прикаспийской низменности. В кн.: «Геология, горное дело, металлургия» (юбилейный сб. научных работ, № 10), Алма-Ата, КазГМИ, 1955.

Дальян И. Б. Подземные воды Актюбинской области и рациональные методы их разведки. «Сельское хозяйство Казахстана», 1959, № 1.

Дальян И. Б., Сыдыков Ж. С. Минеральные воды Актюбинского Приуралья. «Вестник АН КазССР», 1962, № 9.

Дальян И. Б., Сыдыков Ж. С. Подземные воды отложений апта восточной окраины Прикаспийской впадины. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1963, № 1.

Дегтярев С. С. Водоносный горизонт континентальных олигоценовых отложений южной части Эмбенской области и его практическое значение. «Ученые записки» (Саратовский пед. ин-т), вып. 19. Саратов, 1955.

Джабасов М. Х. О водоносности эффузивов карбона верхней части бассейна р. Токрау. «Вестник АН КазССР», 1960, № 12.

Джабасов М. Х. Условия накопления грунтовых вод четвертичных отложений верхней части бассейна р. Токрау. Труды Ин-та геологических наук АН КазССР, т. 4, Алма-Ата, 1961.

Джангирьянц Ж. А. О гидрогеологических исследованиях на Эмбе. Труды Ин-та нефти АН КазССР, т. 4. Гурьев, 1961.

Джаманов С. А., Кондрашов В. Д., Торопко Р. М. О рациональном использовании артезианских и грунтовых вод Северо-Каспийской низменности. Труды Геологического ин-та (Дагест. филиал АН СССР), т. 1. Махач-Кала, 1957.

Дмитровский В. И. Поиски и разведка подземных вод на пастбищных территориях Южного Казахстана. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957, с. 116—121.

Дмитровский В. И. Возможные источники водоснабжения в пустыне Бетпак-Дала. «Разведка и охрана недр», 1961, № 5.

Дмитровский В. И. Условия водоснабжения в Северных Кзылкумах. «Разведка и охрана недр», 1962, № 4.

Дубильер А. С. Гидрогеологические условия Северо-Западного Прикаспия. М., Изд-во АН СССР, 1954.

Духанина В. И. Некоторые закономерности формирования зоны пресных подземных вод территории Европейской части СССР. Труды Всесоюзного ин-та гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1962.

Есенов Ш. Е. Быстрее осваивать богатства недр Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, вып. 1.

Жапарханов С. Грунтовые воды долины реки Карамыс и перспективы их использования для водоснабжения. «Вестник АН КазССР», 1960, № 8.

Жапарханов С. Подземные воды как основной источник водоснабжения сельского хозяйства Казахстана. «Сельское хозяйство Казахстана», 1960, № 12.

Жапарханов С. Об условиях формирования и режиме подземных вод верхней части бассейна р. Шерубай-Нуры. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1961, вып. 1.

Жапарханов С. Некоторые закономерности формирования химизма и качественного состава подземных вод верхней части бассейна р. Шерубай-Нуры. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, вып. 5.

Жеваго В. С. Гидрогеологические условия рудника Миргалимсай. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1957, вып. 2, с. 94—104.

Жеваго В. С. Гидрогеологические исследования в Центральном Каратау и перспективы использования подземных вод. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана», Алма-Ата, 1957.

Зайцев И. К. Основные закономерности распространения подземных вод на территории Азиатской части СССР в связи с изучением их режима и ресурсов. Труды III Всесоюзного гидрологического съезда, т. 9. М., 1959.

Зайцев И. К. Основы гидрогеологического районирования Казахстана. «Советская геология», 1940, № 2—3.

Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Основы структурно-гидрогеологического районирования СССР. В кн.: «Материалы по региональной и поисковой гидрологии». Л., 1963.

Затенацкая Н. П. Некоторые данные по изучению поровых вод аральской свиты в центральной части Тобол-Ишимского междуречья. В кн.: «Материалы к IV конференции младших научных сотрудников и аспирантов» (Лаборатория гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР). М., 1959.

Затенацкая Н. П. Химический состав поровых вод кайнозойских глинистых пород Тобол-Ишимского водораздела и их связь с водами водоносных горизонтов. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского, т. 42. М. 1962.

Зейберлих Н. Э. Условия формирования вод аллювиальных отложений в средней части долины р. Уил. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, вып. 2.

Зиновьева Т. В. Подземные воды горноскладчатых областей и межгорные впадины Южного Казахстана. В кн.: «Объяснительная записка к гидрохимической карте СССР в м-бе 1 : 5 000 000». М., Госгеолтехиздат, 1958.

Иванов А. В. Области питания и разгрузки водоносных горизонтов неогена юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. В кн.: «Материалы к IV конференции младших научных сотрудников и аспирантов» (Лаборатория гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР). М., 1959.

Игнатович Н. К. Гидрогеологические структуры — основы гидрогеологического районирования территории СССР. «Советская геология», 1947, № 19.

Игнатович Н. К. Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктуры. В сб.: «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», № 13. М., 1950.

Кавецкий С., Шкаликов Ф. Полнее использовать грунтовые воды на пастбищах. «Сельское хозяйство Казахстана», 1954, № 5.

Калмыков А. Ф. Подземные воды Казахстана и итоги их изучения. В сб.: «Геология, методика и техника разведки, лабораторные работы», № 4. Алма-Ата, 1959.

Калугина О. Я. АПТ — сеноманский водонапорный комплекс Копетдагского склона Южнокаспийского артезианского бассейна. «Известия АН ТуркмССР», серия физ.-техн., хим. и геол. наук, 1962, № 3.

Калугин С. К. К методике определения запасов трещинных и трещинно-карстовых вод. «Вестник АН КазССР», 1954, № 7.

Калугин С. К. Опыт разведки и определения запасов подземных вод Джезказган-Улутауского района. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Калугин С. К. Формирование и распределение запасов подземных вод Джезказган-Улутауского района. В кн.: «Производительные силы Центрального Казахстана». Т. 5. Энергетика и водное хозяйство, строительство и транспорт. Алма-Ата, 1959.

Калугин С. К. Подземные воды Центрального Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1960, вып. 4.

Калугин С. К., Хордикайнен М. А. Подземные воды и их экономическое значение в водоснабжении промышленных предприятий и сельского хозяйства Джезказган-Улутауского района. В сб.: «Большой Джезказган». Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1961.

Каменский Г. Н. Поиски и разведка подземных вод. М., Госгеолиздат, 1947.

Каменский Г. Н., Климентов П. П., Овчинников А. М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолиздат, 1953.

Каменский Г. Н. Принципы прогноза гидрохимического режима грунтовых вод северной части Прикаспийской низменности. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР, т. 12. М., 1955.

Каменский Г. Н., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР. М., Госгеолтехиздат, 1959.

Каплинский М. И. Использование подземных вод на орошение. «Гидротехника и мелиорация», 1962, № 10.

Кассин Н. Г. Гидрогеологические исследования в Тургайском уезде Тургайской области. СПб., Изд-во ОЗУ, 1912.

Кассин Н. Г. Гидрогеологические исследования, произведенные в юго-восточной части Иргизского уезда в 1913 г. СПб., Изд-во ОЗУ, 1914.

Кассин Н. Г. Гидрогеологические исследования, произведенные в области южных склонов Джунгарского Алатау в 1916—1927 гг. Материалы по гидрогеологии, изданные Управлением водного хозяйства на межнац. сист. Ср. Азии и Казахстана. Ташкент, 1930, вып. 6—7.

Кассин Н. Г. Материалы по палеогеографии Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1947.

Кассин Н. Г. Гидрогеологический очерк Илийского бассейна. Труды Главного геологоразведочного управления ВСНХ СССР, вып. 3. Л., Геолиздат, 1930.

Кенесарин Н. А. Главнейшие типы режима грунтовых вод и мелиорация засоленных земель. «Почвоведение», 1940, вып. 9.

Кенесарин Н. А. Формирование режима грунтовых вод орошаемых районов на примере Мырзы-Шоль. Ташкент, Изд-во АН УзбССР, 1951.

Кирюхин В. А. Подземные воды северной части Тургайского прогиба. «Записки Ленинградского горного ин-та», 1958, т. 34, вып. 2.

Киселева И. К. Режим грунтовых вод совхоза «Пахта-Арал» и некоторые пути его регулирования. «Почвоведение», 1955, № 10.

Ковда В. А. Грунтовые воды Голодной степи. Труды Почвенного ин-та АН СССР, т. 29. М., 1948.

Козырев А. А. Грунтовые воды Кокчетавского, Акмолинского и Атбасарского уездов Акмолинской обл., т. 1. СПб., Изд-во ОЗУ, 1907.

Козырев А. А. Гидрогеологическое описание южной части Акмолинской обл. СПб., Изд-во ОЗУ, 1911.

Козырев А. А. Краткий гидрогеологический очерк Казахстана, вып. 4. Л., Изд-во АН СССР, 1927.

Колов С. Н. Материалы для геологии и гидрогеологии оз. Бийли-Куль Сыр-Дарьинского округа Казахской ССР. «Вестник ирригации», 1930, № 5.

Колов С. Н. Гидрогеологический очерк района Ачисайского рудника, серия казахстанская, вып. 3. М.—Л., 1935.

Колотилин Н. Ф. Селевые потоки некоторых районов Юго-Восточного Казахстана и геологические особенности их образования. Труды II Узбекистанского гидрогеологического совещания. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1959.

Колотилин Н. Ф. Деформации горных и береговых склонов в условиях сейсмических и селевых районов Юго-Восточного Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1961.

Колпаков В. Б. Некоторые вопросы разведки на воду в южной части Эмбенского района. Труды Ин-та нефти АН КазССР, т. 3. Гурьев, 1959.

Колпаков В. Б., Джангирьянц Д. А. Некоторые гидрогеологические закономерности в Южно-Эмбенском артезианском бассейне. Труды Ин-та нефти АН КазССР, т. 3. Гурьев, 1959.

Колпаков В. Б. Водные ресурсы Горного Мангышлака (подземные воды). Труды Ин-та нефти АН КазССР, т. 4. Гурьев, 1961.

Комиссаров С. В., Выходцев А. П. О гидрогеологических изысканиях по линии ж.-д. Моинты—Чу в Казахстане. «Разведка недр», 1937, № 8.

Коноплянцев А. А. О модуле подземного стока хребта Малый Каратау. «Разведка недр», 1947, № 6.

Коноплянцев А. А. Гидрогеология Малого Каратау и важнейших фосфоритных месторождений. В сб.: «Фосфориты Каратау». М., 1954.

Коноплянцев А. А., Владимиров А. Г. Использование подземных вод для орошения. «Советская геология», 1958, № 4.

Корюкин Г. П., Прадед М. Г., Фролов П. М. Поиски и разведка подземных вод в Прииртышской депрессии. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Корюкин Г. П., Фролов П. М. Подземные воды степной части Северного Казахстана и перспективы их использования. «Бюллетень научно-технич. информ. Министерства геологии и охраны недр СССР», 1959, № 3 (20).

Котлов Ф. В. Изменение природных условий территории Москвы. М., 1962.

Краев Е. А. Закономерности питания и разгрузка подземных вод пермских отложений центральной части Восточного Закамья. «Татарская нефть», 1962, № 8.

Краснопевцев Н. Д. Вопросы разведки и подсчета запасов подземных вод. В сб.: «Материалы ГКЗ по методике разведки, промышленной оценке и подсчету запасов месторождения полезных ископаемых», № 2. М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 13—25.

Крепкогорский Л. Н., Богусевич Л. Н. Фтор в природных водах Казахстана. Гидрохимические материалы. Труды Ин-та гидрохимии АН СССР, № 21, Новочеркасск, 1953.

Крылов М. М. Гидрогеологический очерк низовьев реки Или по рекогносцировочным исследованиям 1929 года. В сб.: «Материалы по гидрогеологии Средней Азии», вып. 1/14. М., 1933.

Крылов М. М. Арасанские минеральные источники. Материалы для стат. Туркестанского края. Ежегодн. под ред. Н. А. Маева, вып. 2, СПб., 1872.

Куделин Б. И. Подземный сток в Каспийское море. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР, т. 3. М., 1948.

Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М., 1960.

Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. «Бюллетень Моск. о-ва испыт. природы», отд. геол., 1962, № 2.

Кукабаев Б., Сыдыков Ж. С. Гидрохимия подземных вод пермотриасовых отложений юго-западной части междуречья рек Урала и Эмбы. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, № 4.

Кульджаев Н. К. Формирование подземных вод Туркменской ССР и перспективы их использования в народном хозяйстве. Ашхабад, Изд-во АН ТуркмССР, 1961.

Кунин В. Н. К характеристике грунтового стока р. Токрау (Северное Прибалхашье). В кн.: «Исследования подземных вод СССР». М., Изд. Гос. гидрол. ин-та, вып. VI, 1935.

Кунин В. Н. Местные воды пустыни и вопросы их использования. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Курдюков В. А. Ресурсы подземных вод Карагандинского бассейна. «Разведка недр», 1934, № 8.

Курдюков В. А. Гидрогеологический очерк Карагандинского бассейна. Труды Каз. базы АН СССР, вып. 3. Караганда, 1936.

Курдюков В. А. Гидрогеологическая изученность Карагандинского промышленного района и перспективы использования водных ресурсов в промышленности и сельском хозяйстве. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Кучин М. И. Подземные воды Обь-Иртышского бассейна (в границах Новосибирской области, Алтайского края и Омской области). М., Гостоптехиздат, 1940 (серия: Гидрогеология СССР, вып. 16).

Кучин М. И. Гидрогеология Барабы. «Вестник Зап.-Сиб. геол. управления». М., 1942.

Лаврентьев П. Ф., Соседов И. С. О вертикальной зональности источников питания рек высокогорных областей. Сб. работ по гидрологии, № 1. Л., Гидрометеоиздат, 1959.

Лавров В. В. Кислые грунтовые воды из индрикотериевой свиты Казахстана. «Вестник АН КазССР», 1952, № 3.

Ланге О. К. К проблеме взаимоотношений поверхностных и подземных вод в оазисах Узбекистана. «Социалистическая наука и техника», 1938, № 11, Ташкент.

Ланге О. К. О методике составления гидрогеологических карт. Ташкент, 1939 (Комит. наук УзбССР).

Ланге О. К. О зональном распределении грунтовых вод на территории СССР. В сб.: «Материалы к познанию геологического строения СССР», новая серия, вып. 8 (12). М., 1947.

Ланге О. К. Гидрогеологическое районирование Средней Азии. «Советская геология», 1948, № 34.

Ланге О. К. Некоторые общие соображения о классификации подземных вод. Доклады на заседании гидрогеологической секции МОИП 26. I 1956 г., хрон. БМОИП, отд. геол., 30, вып. 2. М., 1955.

Ланге О. К. Подземные воды СССР. М., Изд. МГУ, 1959.

Лебедев П. Н. Гидрогеологическая характеристика Центрального и Северного Казахстана. Труды СОПС АН СССР, серия казахстанская, вып. 2. М., 1931.

Лебедянская З. П. Гидрогеологические условия и методы определения водопритоков в карьеры при разработке открытым способом некоторых угольных месторождений Казахстана. В кн.: «Производительные силы Центрального Казахстана». Т. 3. Разработка угольных и рудных месторождений. Алма-Ата, 1959.

Левин С. В. К вопросу о гидрогеологических наблюдениях на действующих рудниках Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1952, вып. 12.

Левин С. В. Гидрогеологические условия Чурубай-Нуринского района Карагандинского каменноугольного бассейна. В кн.: «Объединенная научная сессия по проблемам развития производительных сил Центрального Казахстана». Тезисы докладов. Алма-Ата, 1958, с. 93—91. То же: В кн.: «Производительные силы Центрального Казахстана». Т. 2. Полезные ископаемые и региональная гидрогеология. Алма-Ата, 1959.

Легостаев В. М. Подземные воды пустынных равнин Средней Азии (опыт общего анализа). «Известия АН УзбССР», 1954, № 4.

Легостаев В. М. Дополнительные источники орошения Средней Азии и Южного Казахстана. Труды Арало-Каспийской комплексной экспедиции АН СССР, № 3. М., 1954.

Леонов Г. М. Зональность подземных вод северного склона Заилийского Алатау и предгорной равнины. «Вестник АН КазССР», 1957, № 10.

Леонов Г. М. Перспективы использования подземных вод для водоснабжения города Алма-Аты. «Вестник АН КазССР», 1957, № 2.

Личков Б. Л. Гидрогеологические районы Украины. Труды I Всероссийского гидрогеологического съезда. Л., 1925.

Личков Б. Л. О законе горизонтальной зональности В. В. Докучаева в применении к грунтовым водам и о степени подчинения горизонтальной зональности остальных подземных вод. В сб.: «Вопросы изученности водных ресурсов» под ред. Ф. И. Быдина. М., Изд-во АН СССР, 1954 (Геогр. сборн., № 6).

Лодяной Н. И. Артезианское бурение в районе Ново-Украинского месторождения фосфоритов. «Агрономические руды СССР», 1939, т. 5.

Ломонович М. И. К методике картирования ресурсов подземных вод. «Доклады АН СССР», новая серия, 1950, т. 74, № 5.

Маврицкий Б. Ф. Формирование, распространение и гидрогеологическое районирование подземных вод Иртышского артезианского бассейна. В сб.: «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии». М., 1958.

Маврицкий Б. Ф. Западно-Сибирский артезианский бассейн (гидрогеология, геотермия и палеогидрогеология). Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР, т. 39. М., 1962.

Макаренко Ф. А. Копал-Арасанские термы. В кн.: «Термы и горы Тянь-Шаня». М., Изд-во АН СССР, 1938.

Макаренко Ф. А. О классификации запасов и ресурсов подземных вод. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР, т. 3. М., 1948.

Макаренко Ф. А. О грунтовых водах коротких долин на примере Центрального Казахстана и Северного Прибалхашья. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР, т. 10. М., 1951.

Маков К. И. О методике подсчета запасов подземных вод артезианского бассейна. «Разведка недр», 1936, № 23.

Маков К. И. О гидрогеологическом районировании Днепровско-Донецкой впадины. «Советская геология», 1940, № 5—6.

Максимович Г. А. Химическая география и гидрохимия. Труды 3 совещания по химической географии и гидрогеохимии, вып. 2(3). Пермь, 1963.

Малюгин Е. А. Использование грунтовых и артезианских вод для организованного оазисного орошения в песчаных полупустынях Западного Казахстана. В сб.: «Обводнение пастбищ и водоснабжение животноводческих ферм». Алма-Ата, Сельхозгиз, 1955.

Маринов Н. А. О гидрогеологической формации. «Разведка и охрана недр», 1961, № 8.

Медоев Г. Ц. Геологическое строение южной окраины Карагандинского бассейна. В кн.: «Материалы по геологии и полезным ископаемым Казахстана». Алма-Ата, Изд. Казгеолупр., 1939.

Мелкова Е. П. Формирование подземных вод олигоцен-миоцена Тургайской впадины и использование их для водоснабжения. «Советская геология», 1958, № 10.

Мирзаев С. Ш. К вопросу о составлении прогнозных карт запасов подземных вод. «Доклады АН УзССР», 1962, № 3.

Митгарц Б. Б. Подземные воды Туранской низменности, Устюрта и горно-складчатых областей Средней Азии. В кн.: «Объяснительная записка к гидрохимической карте СССР в м-бе 1 : 5 000 000». М., Госгеолтехиздат, 1958.

Моев В. Моря под пустынями (подземные водоемы Казахстана). «Советский Союз», 1959, № 6.

Можаровский Б. А. Краткий обзор гидрогеологических условий пунктов водоснабжения проектируемой ж.-д. линии Гурьев—Актюбинск. Труды Саратовского гос. ун-та им. Н. Г. Чернышевского, ч. 1, вып. 1. Саратов, 1931.

Можаровский Б. А. К вопросу о геоструктуре и гидростратиграфии Урало-Эмбенской области. Труды КазФАН СССР, вып. 10. Большая Эбма, т. 1, Алма-Ата, 1937.

Морозов В. М. [и др.]. Вопросы гидрогеологии целинных и залежных земель и пастбищ отгонного животноводства (сборник статей). М., Госгеолтехиздат, 1956.

Мухамеджанов С. М. О водоносности протерозойских кварцитов северо-восточной части Сары-Арка. «Вестник АН КазССР», 1954, № 5.

Мухамеджанов С. М. Некоторые особенности химизма подземных вод северо-востока Центрального Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1955, вып. 19.

Мухамеджанов С. М. Краткая характеристика подземных вод Северного Казахстана. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1958, вып. 4.

Мухамеджанов С. М. Подземные воды северо-востока Центрального Казахстана и перспективы их использования. В кн.: «Объединенная научная сессия по проблемам развития производительных сил Центрального Казахстана». Тезисы докладов. Алма-Ата, 1958. То же: В кн.: «Производительные силы Центрального Казахстана», т. 5. Энергетика и водное хозяйство, строительство и транспорт. Алма-Ата, 1959.

Мухамеджанов С. М., Муртазин Ж. В. К вопросу о влиянии транспирации на режим подземных вод. «Вестник АН КазССР», 1962, № 8.

Мухамеджанов С. М., Исабаев Т. Т., Кабиев Ф., Муртазин Ж. В. Подземные воды хребта Тарбагатай и его обрамления. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1963, вып. 4.

Нифантов А. П. Гидрогеологические исследования в Акмолинской области, произведенные партиями Переселенческого управления в 1909—1910 годах. Омск, 1911.

Новохатский И. П., Калинин С. К. О химизме рудничных вод Казахстана. «Известия КазФАН СССР», серия геологическая, 1944, вып. 2—3.

Оборин А. А. О гидрохимии грунтовых вод Южного Прибалхашья. «Советская геология», 1959, № 7.

Оводов В. С. Сельскохозяйственное водоснабжение. М., Сельхозгиз, 1939.

Овчинников А. М. Общая гидрогеология. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Овчинников А. М. Крупные очаги разгрузки подземных вод на Русской платформе (тезисы докладов, прочитанных 23. II 1956 г.). «Бюллетень Московского общества испытателей природы» (БМОИП), отд. геол., 1956, № 31.

Овчинников А. М. О типах артезианских бассейнов. В сб. статей по вопросам гидрогеологии и инженерной геологии. М., Изд. Моск. ун-та, 1962.

Окромешко С. В. Новые водные ресурсы в районе ст. Эспе в Казахстане. «Разведка недр», 1935, № 12.

Орфаниди К. Ф. Условия формирования артезианских вод Южного Мангышлака. «Советская геология», 1962, № 6.

Орфаниди К. Ф. Гидрохимическая зональность артезианских вод и ее связь с палеоклиматическими условиями. «Доклады АН СССР», 1962, № 5.

Островский В. Н. Из опыта применения геоботанических методов при гидрогеологических исследованиях юго-западной части Зайсанской впадины. «Вестник АН КазССР», 1959, № 8, с. 68—71.

Островский В. Н. О влиянии транспирации растительности на разгрузку и режим грунтовых вод (на примере Джезказган-Улутауского района Центрального Казахстана). «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, № 2.

Пальгов Н. Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1958.

Панкратов П. А. Поисковые признаки и пути рационального использования подземных вод предгорных равнин Средней Азии. «Доклады АН ТаджССР», 1953, вып. 8.

Пермяк Е. Н. Подземные воды Прикаспийской низменности в пределах Западного Казахстана. М., Изд-во СОПС АН СССР, 1939.

Петров А. Е. Водные ресурсы района Амангельдинских месторождений. Труды Ин-та геологических наук АН КазССР, вып. 2, серия геологическая. Алма-Ата, 1959.

Петров А. Е. Некоторые неотложные задачи водного хозяйства Казахстана. «Вестник АН КазССР», 1962, № 4.

Петрушевский Б. А., Яншин А. Л. Артезианские воды Северного Приаралья. «Народное хозяйство Казахстана», 1937, № 11, 12.

Петрушевский Б. А. Артезианский бассейн Мын-Булак в Тургайской впадине. «Бюллетень МОИП», новая серия, т. XLVII, отд. геологии, т. XVII, 1939.

Плотников Н. А. Классификация ресурсов подземных вод для целей водоснабжения и методика их подсчета. М., Госгеолиздат, 1946.

Плотников Н. И., Сыроватко М. В, Щеголев Д. И. Подземные воды рудных месторождений. Ред. Д. И. Щеголев. М., Металлургиздат, 1954.

Плотников Н. А. Оценка эксплуатационных запасов грунтовых вод по методу каскада водозаборов. «Разведка и охрана недр», 1955, № 5.

Плотников Н. И. Водоснабжение горнорудных предприятий. М., Госгортехиздат, 1959.

Поллак Г. Ф. Некоторые вопросы водоснабжения Карагандинского промышленного района. В сб.: «Производительные силы Центрального Казахстана», т. 6. Алма-Ата, 1959.

Половников В. П. Гидрогеологические исследования в степных областях Семиреченской обл. «Ежегодник ОЗУ», ч. 2, СПб., 1914.

Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. М., ГИТТЛ, 1952.

Полубаринова-Кочина П. Я. О линзе пресной воды над соленой водой. «Прикладная математика и механика», 1956, т. 20, вып. 3.

Попов И. В. Инженерная геология. М., Госгеолиздат, 1951.

Посохов Е. В. Новые данные по гидрогеологии Мынбулакского бассейна. «Вестник КазФАН СССР», 1944, № 3.

Посохов Е. В. Радиоактивность термальных и холодных источников Заилийского и Джунгарского Алатау. «Доклады АН СССР», 1946, т. 51, № 2.

Посохов Е. В. Термальные источники Восточного Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1947.

Посохов Е. В. О холодных минеральных источниках Казахстана. «Известия АН КазССР, серия хирургическая, 1947, вып. 1.

Посохов Е. В. Очерки по гидрохимии подземных вод центральных районов Казахстана. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Прозаркевич Л. Л., Ващенко В. М. Гидрогеологическая карта Западного Казахстана, лист М-40-Г. «Известия ГУГФ», 1948, вып. 5.

Пригоровский М. М., Васильев П. В. Гидрогеологический очерк степной полосы к западу и югу от Мугоджарских гор. «Известия Геологического комитета СССР», 1928, вып. 47 (7).

Пригоровский М. М. Геология, условия угленосности и водоносности Тургайского пролива Зюсса. В кн.: «Проблемы советской геологии», т. 5 (2). М., 1935.

Приклонский В. А. Гидрогеологические исследования в ирригационных районах. Труды МГРИ, т. 1. М., 1937.

Приклонский В. А. Некоторые закономерности формирования грунтовых вод в засушливых областях. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР, т. 1. М., 1948.

Распопов М. П. Подземные воды Северного Казахстана. Труды конференции по изучению производительных сил Казахстана. Л., 1932.

Распопов М. П. Подземные воды Прикаспийской впадины. В кн.: «Объясни-

тельная записка к гидрохимической карте СССР в м-бе 1 : 5 000 000». М., Госгеолтехиздат, 1958.

Резниченко В. В. Гидрогеологическая работа в Семипалатинской обл. «Известия Зап.-Сиб. отд. РГО», 1915, т. 3, № 1—2.

Решеткина Н. А. Гидрогеологические черты межгорных котловин и впадин Западного Тянь-Шаня, «Доклады АН УзбССР», 1948, № 1.

Роговская Н. В. Методика гидрогеологичекого районирования для обоснования мелиорации. М., Госгеолиздат, 1959.

Руденко Ф. А., Солдак А. Г. Некоторые данные об условиях циркуляции и особенностях формирования подземных вод в изверженных породах Акмолинской области Северного Казахстана. «Вестник Киевского ун-та», 1960, № 3, серия геологии и географии, вып. 1.

Русаков М. П. Гидрогеологический очерк юго-восточной части Казахской степи. Л.—М., Научно-техгеолразведиздат, 1932 (труды Всесоюзн. геол.-разв. объединения ВСНХ СССР, вып. 139).

Русаков М. П. Гидрогеологическое описание Тургайско-Иргизского района. Справочник по водным ресурсам СССР, т. 13. М., 1933.

Саваренский Ф. П. О принципах гидрогеологического районирования. «Советская геология», 1947, № 19.

Саваренский Ф. П. Гидрогеология. М., ОНТИ, 1935.

Самсонов Б. Г., Чижиков В. В. Трещинно-карстовые воды девон-каменноугольных мульд Северного Казахстана как источник централизованного водоснабжения. «Советская геология», 1961, № 11.

Сапожников Д. Г. К гидрогеологии Джезказган-Улутауского района. «Известия АН СССР», серия геологическая, 1938, № 3.

Сатпаев К. И. Минеральные ресурсы Центрального Казахстана. В кн.: «Объединенная научная сессия по проблемам развития производительных сил Центрального Казахстана». Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1958.

Семенов М. П. Основные определения и классификация запасов подземных вод для целей водоснабжения. «Советская геология», 1947, № 19.

Семенов М. П. Вопросы использования подземных вод для сельского водоснабжения. В сб.: «Сооружение, оборудование и эксплуатация скважин для сельскохозяйственного водоснабжения». М., Госгеолтехиздат, 1955.

Семихатов А. Н. Артезианские и глубокие грунтовые воды Европейской части СССР. Дополн. к кн.: Г. Гефер. «Подземные воды и источники». М., Госиздат, 1925.

Семихатов А. Н. Гидрогеологическое районирование СССР. В кн.: «Гидрогеология СССР». М., 1940.

Сергеев В. А. Грунтовые воды прикаспийских и приаральских полупустынь. Л., Изд. ЛГУ, 1937.

Сехвиаидзе Г. А. Опыт применения метода электроразведки при поисках пресных подземных вод в Кустанайской обл. Казахской ССР. Гидрогеология. Сборник по вопросам водоснабжения сельского хозяйства в р-нах Урала и Зауралья. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Силин-Бекчурин А. И. Гидрохимическая зональность подземных вод Прикаспийской синеклизы. «Известия АН СССР», серия геологическая, 1952, № 4.

Силин-Бекчурин А. И. Подземные воды Северной Африки. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Славянов Н. Н. Подземные воды СССР. Гл. 14 и 15. В кн.: К. Кейгак. «Подземные воды». М., ОНТИ, 1935.

Сляднев А. Ф. Методы изучения динамики влаги и температуры в песках. Ташкент, 1941.

Сляднев А. Ф. Баланс влаги в почвогрунтах Голодной степи и его практическое значение в хлопковом хозяйстве Узбекистана. Труды II Узбекистанского гидрогеологического совещания. Ташкент, 1959.

Соколов Д. Н. Общий обзор геологического строения и водоносности Уральского уезда. Оренбург, 1911.

Солдак А. Г. Аллювиальные воды речных долин некоторых районов северной части Акмолинской обл. и перспективы их использования для водоснабжения целинных совхозов. «Вестник Киевского ун-та», 1961, № 2, серия геологии и географии, вып. 2.

Соломин П. А. Анализ Копал-Арасанских минеральных вод. Проток. Омск. мед. об-ва, 1886—1887 гг., № 14. Омск, 1888.

Солнцев А. В. Трещинно-карстовые воды северо-восточной части Тенизской впадины. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1958, вып. 1.

Солнцев А. В. Грунтовые воды аллювиальных отложений Акмолинского района и перспективы их использования для водоснабжения. «Вестник АН КазССР», 1958, № 1.

Сотников А. В. Поиски и разведка подземных вод в районах освоения целин-

ных земель и пастбищных территорий Западно-Казахстанской области. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Сотников А. В., Сыдыков Ж. Минеральные воды Северного Приаралья и условия их формирования. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1960, вып. 2. (39).

Старков В., Дальян И. Подземные воды Восточного Приаралья — источник водоснабжения. «Сельское хозяйство Казахстана», 1960, № 7.

Султанходжаев А. Н. Структурно-гидрогеологическое районирование Ферганского артезианского бассейна. «Доклады АН УзбССР», 1961, № 6.

Сунцов М. А. О гидрогеологическом районировании Чкаловско-Актюбинского Приуралья. В сб.: «Вопросы теоретической и практической геологии», № 4. М., 1947.

Сыдыков Ж. С. Подземные воды Мангышлака и их использование для нужд животноводства. «Сельское хозяйство Казахстана», 1953, № 1.

Сыдыков Ж. С., Стрельникова В. А. Формирование подземных вод района Каратау (Мангышлак). «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1956, вып. 22.

Сыдыков Ж. С. Подземные воды — основной источник водоснабжения целинных земель Иргизского района. «Вестник АН КазССР», 1956, № 1.

Сыдыков Ж. С. Некоторые итоги изучения и использования подземных вод северной части Актюбинской области в народном хозяйстве. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Сыдыков Ж. С., Сотников А. Гидрогеологический очерк Актюбинской области. В кн.: «Гидрогеологические очерки целинных земель Актюбинской, Кокчетавской, Северо-Казахстанской областей». Алма-Ата, 1958.

Сыдыков Ж. С. Сотников А. В. О формировании химического состава артезианских вод альба Южного Примугоджарья. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1958, вып. 4.

Сыдыков Ж. С. Подземные воды юго-западного Тургая и перспективы их хозяйственного использования. Труды объединенной Кустанайской научной сессии, посвященной проблемам Тургайского регионально-экономического комплекса, т. 4. Секция водно-энергетическая и строительства. Алма-Ата, 1958.

Сыдыков Ж. С. О карте прогноза артезианских бассейнов Казахстана. В кн.: «Металлогенические и прогнозные карты». Алма-Ата, 1959.

Сыдыков Ж. С. Подземные воды Казахстана и их использование в сельском хозяйстве. Алма-Ата, Казгосиздат, 1959, 84 с. (на казахском языке).

Сыдыков Ж. С., Дальян И. Б. Новые данные о подземных водах неокома Северной Эмбы. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1959, вып. 4.

Сыдыков Ж. С., Дальян И. Б. Подземные воды верхнепалеозойских нефтегазоносных отложений Актюбинского Приуралья. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1960, вып. 1.

Сыдыков Ж. С. Гидрохимия подземных вод пермо-триасовых отложений юго-западной части междуречья рек Урала и Эмбы. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1962, вып. 3.

Сычев К. И., Ишмаков К. М., Жуков М. И., Чумаченко Ю. Т. Новые данные по гидрогеологии Северного Прибалхашья. В кн.: «Материалы по геологии и полезным ископаемым Центрального Казахстана», вып. 2. М., 1962.

Тажибаев Л. Е. Как использовать подземные воды на пастбищах Казахстана (для водоснабжения). Алма-Ата, Казгосиздат, 1953.

Тароян П. А. Трещинные воды на Коунраде. «Разведка недр», 1936, № 4.

Тененбаум Л. Я. Гидрогеологические условия Атасуйского рудного района и некоторые вопросы поисков и разведки подземных вод. В сб.: «Водные ресурсы Казахстана». Алма-Ата, 1957.

Терлецкий Б. К. Балхаш-Алакульская впадина. Гидрогеологическое описание Северного Джетысу. Труды ВГРО, вып. 105. М., 1931.

Терлецкий Б. К. Подземные воды Казахской АССР. «Советская Азия», 1934, № 7—8.

Терлецкий Б. К. Основные черты гидрогеологии Казахстана. Труды конференции по изучению производительных сил Казахстана. Л., 1932.

Тихонович Н. Н. Общий обзор геологического строения и водоносности Кустанайского уезда. Оренбург, тип. З. Вайсберга, 1909.

Тихонович Н. Н. Общий обзор геологического строения и водоносности Актюбинского уезда. Оренбург, тип. Ф. Яковлева, 1911 (Тургайско-Уральский переселенческий район, Гидротехнический отдел).

Токарев Н. С. Успехи гидрогеологического изучения Казахстана за 20 лет. В сб.: «Успехи геологического изучения Казахской ССР за 20 лет». Алма-Ата, 1941.

Толстихин Н. И., Гуревич М. С., Зайцев И. К. Основные вопросы формирования гидрохимических поясов и зон артезианских бассейнов СССР. Сборник совещаний по вопросам формирования подземных вод (тезисы докладов). М., Изд-во АН СССР, 1955.

Толстихин Н. И., Егоров С. В. О роли бессточных котловин Северного

Казахстана в дренировании водоносных горизонтов. «Записки ЛГИ», 1958, т. 34, вып. 2. Гидрогеология и инженерная геология.

Троянский С. В. Гидрогеологические особенности Центрального Казахстана и возможные источники подземных вод для водоснабжения сельского хозяйства. «Советская геология», 1955, № 44.

Узембло В. В. Гидрогеологическое описание Мугоджарских гор. Справочник по водным ресурсам СССР, т. XIII. М., 1933.

Фалевич И. Е. Результаты изучения подземных вод Центрального Казахстана и перспективы их использования. Сборник статей по геологии и полезным ископаемым Центрального Казахстана. Алма-Ата, 1958.

Федин Н. Ф. Кзыл-Ординский массив орошения левобережья низовьев реки Сыр-Дарьи. Опыт гидрогеологических исследований для ирригации. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1952.

Федин Н. Ф. Определение коэффициента водоотдачи пород по данным опытной откачки. «Вестник» АН КазССР», 1953, № 12, с. 78—83.

Федорович Б. А. Лик пустыни. М., Изд-во «Молодая гвардия», 1954.

Флеров А. А. Результаты гидрогеологических работ в южных областях Казахской ССР. В кн.: «Обводнение пастбищ». М., 1958.

Фролов П. М. Подземные воды некоторых карбоновых мульд Северного Казахстана как источник промышленного водоснабжения. Сборник статей по геологии и гидрогеологии, вып. 1. М., Госгеолтехиздат, 1960.

Фролов П. М. Новые данные по гидрогеологии третичных отложений Северного Казахстана. «Советская геология», 1961, № 5.

Циг Л. И. Гидрогеологические условия современной долины р. Чурубай-Нуры в пределах Карагандинского каменноугольного бассейна. «Известия ГУГФ», 1948, вып. 5.

Чакабаев С. Е., Ли А. Б. Условия залегания и химизм подземных вод четвертичных отложений восточной части Илийской впадины. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1958, вып. 2.

Чакабаев С. Е., Ли А. Б. Гидрохимические и термальные условия вод меловых и третичных отложений восточной части Илийской впадины. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1960, вып. 1 (38).

Чердынцев В. В. Содержание радона в водах Заилийского Алатау. «Вестник КазФАН СССР», 1946, № 1.

Чокин Ш. Ч. и Киктенко В. А. Основные вопросы использования местного стока Центрального Казахстана. «Вестник АН КазССР», 1951, № 10.

Шавырина А. В. Использование геоботанических признаков при поисках воды на целинных землях Кустанайской обл. «Разведка и охрана недр», 1959, № 1.

Шагоянц С. А. Вертикальная и горизонтальная зональность подземных вод в артезианских бассейнах различных структур. «Доклады АН СССР», 1955, № 6.

Шагоянц С. А. Подземные воды центральной и восточной части Северного Кавказа. М., 1959.

Шапиро С. М. О некоторых особенностях условий питания и режима подземных вод мелкосопочника. «Вестник АН КазССР», 1954, № 6.

Шапиро С. М. Подземные воды Центрального Казахстана для нужд сельского хозяйства. «Сельское хозяйство Казахстана», 1954, № 5.

Шапиро С. М., Якупова Н. Я. Некоторые особенности распространения пресных подземных вод на целинных землях юго-восточной части Акмолинской области. «Вестник АН КазССР», 1956, № 5.

Шапиро С. М. Гидрогеологический очерк Северо-Казахстанской области. В кн.: «Гидрогеологические очерки целинных земель Актюбинской, Кокчетавской и Северо-Казахстанской областей». Алма-Ата, 1958.

Шапиро С. М. Подземные воды Северо-Западного Прибалхашья и возможности их использования для водоснабжения. В кн.: «Производительные силы Центрального Казахстана». Т. 5. Энергетика и водное хозяйство, строительство и транспорт. Алма-Ата, 1959.

Шапиро С. М., Ишмаков К. И. О формировании подземных вод нижней части долины Токрау. «Вестник АН КазССР», 1961, № 2.

Шевченко А. И. Принцип гидрогеологического районирования орошаемых территорий применительно к запросам мелиорации. Труды 2 узбекистанского гидрогеологического совещания. Ташкент, 1959.

Шевяков М. Н. Основные положения схемы комплексного использования водных ресурсов северных областей Казахской ССР. В сб.: «Перспективы водоснабжения Притобольского р-на Кустанайской обл.». М., Изд-во АН СССР, 1961.

Шлыгин Е. Д. Геологическая история и геологическое строение Казахстана. Очерки по физической географии Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1952.

Шлыгина В. Ф. Особенности гидрогеологических условий конусов выноса в предгорном шлейфе Заилийского Алатау. «Известия АН КазССР», серия геологическая, 1963, вып. 3.

Шмидт М. А. Режим грунтовых вод Узбекистана. Ташкент. Изд-во Комитета наук при СНК УзбССР, 1938.

Шульц С. С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. М., Географгиз, 1948.

Шумилин С. В. Гидрогеологические обследования района р. Аще-Уила Адаевского округа Казахской ССР. «Известия ВРГО», 1932, т. 51, вып. 32.

Щеголев Д. И. Гидрогеологический очерк по Карагандинскому бассейну. «Разведка недр», 1935, № 17.

Щеголев Д. И., Толстихин Н. И. Подземные воды в трещиноватых породах (на опыте изучения Северного Казахстана и Забайкалья). ГОНТИ, Гостоптехиздат, 1939 (Тр. Ленингр. отд., Спецгеол., вып. 1).

Щелкачев В. Н. Упругий режим пластовых водонапорных систем. М., Гостоптехиздат, 1945.

Щербаков А. В. Обследование буровых вод и рассолов Урало-Эмбенского района с целью выявления перспектив использования их для йодобромной промышленности. «Известия ВГФ», 1946, вып. 1.

Эдельштейн Я. С. Гидрогеологический очерк Обь-Иртышского района. Труды ВГРО, вып. 132. М., 1932.

Юнусов Г. Р. О причине опреснения оз. Балхаш. «Известия АН КазССР». серия энергетическая, 1950, вып. 2.

Яговкин И. С. Гидрогеологический очерк Акмолинского района Казахской ССР в пределах бывшей Акмолинской области. Труды Всесоюзного геологического объединения КНТП, вып. 329.

Яковлев Д. И. Голодная степь Казахстана. Чу-Балхашский Илийский водораздел, Бетпак-Дала и Муюн-Кум. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1941.

Яковлев Д. И. К вопросу об условиях водоснабжения целинных и залежных земель Северного Казахстана. «Бюллетень МОИП», отд. геол., 1955, т. 30, № 4.

Яковлев Д. И. Водные ресурсы Тургайской впадины и проблема водоснабжения промышленности и сельского хозяйства Кустанайской области. Труды объединенной Кустанайской научной сессии. Алма-Ата, 1958.

Якубов Т. Ф. Гидрография и грунтовые воды Северного Прикаспия, гл. 3. В кн.: «Песчаные пустыни и полупустыни Северного Прикаспия». М., Изд-во АН СССР, 1955.

Якуцени В. П. Гидрогеология юго-востока Прикаспийской впадины в связи с нефтегазоносностью. Л., Гостоптехиздат, 1961.

Яншин А. Л. Артезианские воды Ново-Украинского фосфоритового месторождения в Казахстане. Труды НИУНФ, вып. 138; «Агрономические руды СССР», 1938, т. 4.

Яншин А. Л. Новые данные о геологическом строении и гидрогеологии Чушкакульской антиклинали. Труды Ин-та геологических наук АН СССР, серия геологическая, вып. 32, № 9. М., 1940.

Яншин А. Л. Тектоника и использование артезианских вод в пустынной зоне Южного Казахстана. «Вестник АН СССР», 1952, № 4.

Яншина М. С. К вопросу о «вертикальной гидрохимической зональности». Сборник статей по вопросам гидрогеологии и инженерной геологии. М., Изд. Моск. ун-та, 1962, стр. 251—258.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
У. М. Ахмедсафин. Принципы гидрогеологического районирования Казахстана 6
Обзор существующих взглядов на гидрогеологическое районирование . — 9
Принципы гидрогеологического районирования Казахстана 9
У. М. Ахмедсафин. Некоторые вопросы классификации и принципы определения региональных прогнозных ресурсов подземных вод Казахстана . 14
Принципы региональной оценки общих ресурсов подземных вод Казахстана 17
Принципы прогнозной оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод 19
У. М. Ахмедсафин. Методика составления гидрогеологической карты Казахстана 21

Восточный Казахстан

У. М. Ахмедсафин, С. М. Мухамеджанов, Т. Т. Исабаев, Ф. Кабиев, А. В. Солнцев, И. М. Лоскутова. I. Высокогорные и среднегорные области Восточного Казахстана 26
Алтайские горы и Калба 27
Саур-Тарбагатайские горы 35
С. М. Мухамеджанов, Ж. В. Муртазин. II. Возвышенный мелкосопочник с участками низкогорий 41
Подрайон Чингизских гор и их отрогов 42
Подрайон возвышенного мелкосопочника 44
С. М. Мухамеджанов, Ж. В. Муртазин, С. Кунанбаев. III. Мелкосопочные равнины Восточного Казахстана 52
С. М. Мухамеджанов, Ф. К. Кабиев. IV. Зайсанская котловина . 56
Подрайон предгорной наклонной и приозерной плоской равнин южной и западной частей котловины 57
Подрайон холмистой равнины северной и северо-восточной частей котловины 60
Подрайон распространения грядовых и бугристых песков 61
Артезианские воды 63
Т. Т. Исабаев, С. М. Мухамеджанов. V. Алакульская впадина . 65
Подрайон бугристо-грядовых песчаных равнин . . . . . —
Подрайон плоских озерно-аллювиальных равнин 67
Подрайон предгорных наклонных равнин 68
Артезианские воды 71

Центральный и Северный Казахстан

С. М. Мухамеджанов, М. Х. Джабасов, С. М. Шапиро, С. Ж. Жапарханов. VI. Низкогорные и возвышенные мелкосопочные районы Балхаш-Иртышского водораздела 73
Водораздельная зона . . . . . —
Зона возвышенного мелкосопочника 76
Зона Ниаз-Ерементауских гор с участками возвышенного мелкосопочника 80

С. К. Калугин, Н. Д. Петров. VII. Улутауский низкогорный и возвышенный мелкосопочный район 84
Низкогорная зона 85
Зона возвышенного мелкосопочника 87
Южная зона равнин 92
В. А. Бочкарева. VIII. Кокчетавский возвышенный мелкосопочник с участками низкогорий 93
У. М. Ахмедсафин, И. А. Баркалов, В. А. Бочкарева, М. Х. Джабасов, С. Ж. Жапарханов, А. Ф. Калмыков, С. М. Мухамеджанов, В. Н. Островский, С. М. Шапиро, Н. Я. Якупова. IX. Мелкосопочная равнина Центрального Казахстана 97
Северная степная зона 100
Зона сухих степей и полупустынь 107
Зона полупустынь и пустынь 114
Зона пустынь и полупустынь Северного Прибалхашья 118
У. М. Ахмедсафин. X. Тениз-Кургальджинская слабовсхолмленная замкнутая равнина 127
У. М. Ахмедсафин, С. М. Мухамеджанов, Ж. В. Муртазин, С. М. Шапиро, Н. Шаймерденов. XI. Низменные и плоские равнины междуречья Ишим — Иртыш 133
Приишимская зона 134
Прииртышская зона 138
Прииртышский артезианский бассейн 143
У. М. Ахмедсафин, А. Н. Губарев, Ж. С. Сыдыков, Н. Я. Якупова. XII. Тургайские столово-останцовые равнины 147
Северная степная зона 148
Зона сухих степей и полупустынь 154
Зона полупустынь и пустынь 158
Артезианские и субартезианские воды 165

Южный Казахстан

Н. Ф. Колотилин, А. С. Бочкарев. XIII. Высокогорные районы Южного Казахстана 171
Хребет Джунгарский Алатау 173
Хребет Кетмень 175
Хребет Заилийский Алатау 176
Хребет Кунгей Алатау 177
Хребет Терскей Алатау 178
Киргизский хребет . . . . . —
Хребет Таласский Алатау . . . . . —
А. С. Бочкарев, В. Ф. Шлыгина, С. Жапарханов. XIV. Среднегорные и низкогорные районы юга Казахстана 180
Северо-западные и западные отроги Джунгарского Алатау . . . . —
Чу-Илийские горы, Кендыктас и плато Карой 183
Хребет Каратау и его отроги 188
У. М. Ахмедсафин, В. И. Дмитровский, С. М. Шапиро. XV. Плато Бетпак-Дала 192
Артезианские воды 197
А. Г. Голубь, В. П. Бочкарев, В. Ф. Шлыгина. XVI. Копа-Илийская межгорная впадина 198
Предгорные ступени 199
Водораздельная равнина междуречья Таргап — Узун-Каргалы . . . 200
Предгорные наклонные равнины . . . . . —
Долины крупных рек 206
Артезианские воды 207
У. М. Ахмедсафин. XVII. Южно-Прибалхашские предгорные и бугристо-грядовые равнины 209
Покатая предгорная равнина Джунгарского Алатау . . . . . —
Предгорная равнина северо-восточного склона Чу-Илийских гор . . 211
Бугристо-грядовые песчаные равнины Южного Прибалхашья . . . —
Артезианские воды 218
У. М. Ахмедсафин. XVIII. Чу-Таласские предгорные и бугристо-грядовые равнины 219
Покатая предгорная равнина Киргизского Алатау 220
Предгорная равнина Каратау 222
Предгорные равнины Чу-Илийских гор 224
Бугристо-грядовая песчаная равнина Муюнкум . . . . . —

Артезианские воды 230
Н. Я. Якупова. XIX. Присырдарьинские предгорные и бугристо-грядовые равнины 234
Каратауская предгорная равнина 235
Коржунтау-Казыкуртская предгорная равнина 236
Сыр-Дарьинская аллювиальная равнина 237
Арысь-Бугуньская аллювиальная равнина 240
Голодностепская аллювиальная равнина 241
Кзылкумская бугристо-грядовая равнина . . . . . —
Подрайон прибрежно-морской равнины 242
Артезианские воды . . . . . —

Западный Казахстан

Ж. С. Сыдыков. XX. Уралтау-Мугоджарская низкогорная и мелкосопочная возвышенность 246
Артезианские воды 252
Ж. С. Сыдыков, И. Б. Дальян. XXI. Урало-Эмбенское плато . . 254
Артезианские воды 259
Ж. С. Сыдыков, Н. Э. Зейберлих. XXII. Северо-Аральская столово-останцовая равнина 264
Артезианские воды 265
Ж. С. Сыдыков. XXIII. Мангышлакская низкогорная возвышенность . 267
Ж. С. Сыдыков. XXIV. Плато Устюрт 271
Ж. С. Сыдыков XXV. Плато Южный Мангышлак и Тюбкараган . . 273
Ж. С. Сыдыков. XXVI. Прикаспийская низменность 275
У. М. Ахмедсафин. Термальные воды 279
У. М. Ахмедсафин, Ж. С. Сыдыков, С. М. Мухамеджанов, Н. Я. Якупова, С. М. Шапиро, С. К. Калугин. Основные выводы по гидрогеологическим провинциям 281
У. М. Ахмедсафин. Перспективы использования подземных вод . . 287
Литература 291

Редакторы *Л. С. Ржондковская, И. Ф. Ковалева, Р. И. Суворова*
Худ. редактор *И. Д. Сущих*
Тех. редактор *А. Г. Худяков*
Корректор *Н. П. Пушкина*

Сдано в набор 28/VIII 1964 г. Подписано к печати 1/XII 1964 г. Формат 70×108¹/₁₆.
Физ. л. 19,25+1 вклейка. Усл. печ. л. 26,37. Уч.-изд. л. 28,25. Тираж 1170. УГ09498.
Цена 2 р. 18 к.

Типография издательства «Наука», г. Алма-Ата, ул. Шевченко, 28. Зак. 184.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
175	14 снизу	5—7 *л/сек*	1,5—2,0 *л/сек*
»	4 снизу	10—15 *л/сек*	1—5 *л/сек*
»	3 снизу	3—5 *л/сек*	0,3—0,5 *л/сек*
176	7 снизу	от 8 до 15 *л/сек*	от 0,8 до 1,5 *л/сек*
177	1 сверху (формула)	$M_{0,29}$	$M_{0,19}$
178	13—14 сверху	10—2 *л/сек*	1—2 *л/сек*
»	17 снизу	6—8 *л/сек*	0,6—0,8 *л/сек*
179	8 сверху	20 *л/сек*	10 *л/сек*

Зак. 184