

20.32615105)  
1778



ПРОБЛЕМЫ  
ГИДРОГЕОЛОГИИ  
АРИДНЫХ РАЙОНОВ  
КАЗАХСТАНА

Глубокоуважаемым землякам,  
посетителям музея боевой и  
трудовой славы на добрую память.

С наилучшими пожеланиями  
успехов в жизни и труде

Ахмедсаф У.М. Ахмедсаорин

**АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР**  
**ИНСТИТУТ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ГИДРОФИЗИКИ**

**ПРОБЛЕМЫ**  
**ГИДРОГЕОЛОГИИ**  
**АРИДНЫХ РАЙОНОВ**  
**КАЗАХСТАНА**



**Издательство «НАУКА» Казахской ССР**  
**АЛМА-АТА · 1982**

**Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.** — Алма-Ата: Наука, 1982. — 144 с.

В книге освещаются результаты научной конференции по проблемам аридной гидрогеологии Казахстана, проведенной в Институте гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР в сентябре 1980 г.

Материалы конференции предваряет статья, посвященная 70-летию со дня рождения одного из основоположников гидрогеологической науки Казахстана, Героя Социалистического Труда, академика АН КазССР У. М. Ахмедсафина.

Подводятся итоги основных достижений по различным направлениям гидрогеологической науки: региональной гидрогеологии, гидрогеохимии, ресурсам подземных вод, гидрогеологии горнорудных районов, гидротермии, мелиоративной и экспериментальной гидрогеологии, экономике использования подземных вод, вопросам прогнозирования управления эксплуатационным режимом подземных вод и др. Рассматриваются современное состояние и задачи гидрогеологических работ на территории республики, перспективы использования водных ресурсов недр для орошения и обводнения в аридных районах, а также вопросы охраны их от истощения и загрязнения.

Результаты исследований позволили наметить некоторые проблемы, стоящие перед аридной гидрогеологией, успешное разрешение которых будет способствовать дальнейшему развитию экономики Казахстана.

Работа представляет интерес для широкого круга гидрогеологов, специалистов водного хозяйства и проектных организаций.

Ответственные редакторы:

доктор технических наук Л. Е. ТАЖИБАЕВ,  
кандидат геолого-мин. наук В. П. БОЧКАРЕВ

П 20806—079  
407(05)—82 64.82.1904060000

© Издательство «Наука» Казахской ССР, 1982.

*Р. М. КУРМАНГАЛИЕВ, М. Х. ДЖАБАСОВ*

## НА ГЛАВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕТСКОЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

Развитие и становление аридной гидрогеологии в Казахстане тесно связаны с деятельностью академика АН КазССР Уфы Мендбаевича Ахмедсафина. В 1982 г. научная общественность отмечает его 70-летие со дня рождения и 50-летие научной и организаторской деятельности.

Окончив среднюю школу в г. Кзыл-Орде, в 1930 г. он поступает в Среднеазиатский индустриальный институт в г. Ташкенте, где изучает гидрогеологию засушливых районов не только по скудным для того времени литературным источникам, но и выезжая на полевые работы в аридные районы Узбекистана, Киргизии и Южного Казахстана. Его дипломная работа, выполненная по Сохскому конусу выноса, в которой были раскрыты закономерности формирования подземных вод предгорного шлейфа, получила высокую оценку.

В аспирантуре Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе Уфа Мендбаевич продолжает заниматься гидрогеологией пустынных и полупустынных районов.

В одной из работ того времени, посвященной Западному Узбекистану, характеризуя режим подземных вод, он делает вывод, что в условиях исключительно засушливого климата колебания уровней глубокозалегающих водоносных горизонтов определяются в основном подземным стоком с вышележащих районов, где выпадает значительное количество осадков.

В работе по гидрогеологии сложной в геолого-структурном



отношении засушливой территории Приташкентского района, изучая взаимосвязи поверхностных и подземных вод и их динамику, он впервые разрабатывает генетическую классификацию режима грунтовых вод орошаемых районов, принципы их картирования и методику математического выражения выделенных типов и классов режима.

В 1940 г. после успешной защиты кандидатской диссертации Уфа Мендбаевич по предложению вице-президента АН СССР академика О. Ю. Шмидта направляется в Казахский филиал АН СССР, и с этого времени вся его научно-организаторская деятельность неразрывно связана с Казахстаном.

В 1940 г. он организует сектор гидрогеологии при Казахском филиале АН СССР, который в дальнейшем, уже в составе Института геологических наук АН КазССР, был преобразован в отдел гидрогеологии и инженерной геологии.

С началом Великой Отечественной войны возникла необходимость всестороннего изучения и мобилизации природных и минерально-сырьевых ресурсов для ускорения развития производительных сил восточных районов страны и оказания максимальной помощи фронту. Академия наук СССР в различных районах страны, в том числе и в Казахстане, организует комплексные экспедиции. Одну из таких экспедиций в пустынные районы Южного Казахстана организовал и возглавил У. М. Ахмедсафин. Перед ней стояла задача изучить гидрогеологические условия пустынь Моюнкум, Курманынкум, Сары-Ишик-отрау, Таукум, Джуанкум, южной части Бетпак-Далы, предгорных равнин Каратау, Таласских гор, Киргизского Алатау и некоторых других территорий, выявить доброкачественные подземные воды и установить перспективы их использования. Это диктовалось тем, что многие труженики сельского хозяйства были призваны в армию и для заготовки кормов не хватало людей, а в Казахстан из западных районов страны было перемещено большое количество скота.

Перед экспедицией, возглавляемой У. М. Ахмедсафиним, стояла очень ответственная и сложная задача. На существующих в то время схематических мелкомасштабных картах А. А. Козырева, Б. Т. Терлецкого пустыни были показаны как территории преимущественного развития соленых вод или безводные. Безводность этих пространств объяснялась тем, что здесь выпадает всего 100—200 мм осадков, в то время как испаряется 1200—1500 мм, т. е. в 8—10 раз больше годовой нормы, поэтому считалось, что для образования как поверхностных, так и подземных вод не остается ни капли влаги. Встречавшиеся отдельные небольшие линзы пресных грунтовых вод многие исследователи объясняли конденсационным происхождением.

В течение ряда лет в самых разнообразных природно-геологических и геоморфологических условиях в трудное военное время проводил Уфа Мендбаевич разносторонние экспедиционные исследования. Пешком или на верблюдах было пройдено около 10 000 км маршрутов, были пробурены сотни скважин, расчищены и изучены многие заброшенные или засыпанные колодцы на караванных тропах, отобраны тысячи образцов пород и проб воды на лабораторные анализы, проведены опытные эксперименты по определению конденсации в камерах Родэ, наблюдения за режимом подземных вод, изучалась и устанавливалась связь растительности с грунтовыми водами, которая могла служить прямым поисковым критерием наличия доброкачественных вод, глубины их залегания.

Уже в процессе полевых исследований стало ясно, что прежние представления о безводности пустыни не соответствуют действительности, так как они основаны на малочисленных, эпизодических наблюдениях и ошибочных выводах. Анализ полученных данных, составление гидрогеологических карт, разрезов, разносторонние расчеты уже на этой стадии исследований позволили У. М. Ахмедсафину сделать чрезвычайно важный для науки и практики вывод о том, что песчаные пустыни не безводны, как считали многие, а, напротив, в них широко распространены доброкачественные подземные воды, образующие мощные, но очень медленнодвигающиеся грунтовые потоки, направленные в сторону бессточных впадин; в них заключены очень большие запасы пресных и слабосоленых подземных вод, исчисляемые сотнями миллиардов кубометров.

Это было первое очень важное открытие У. М. Ахмедсафина, положившее начало планомерному изучению и освоению природных ресурсов песчаных пустынь. Результаты их, а также материалы и рекомендации о перспективах использования водных источников были немедленно доложены Джамбулской, Чимкентской, Алма-Атинской областными партийным и советским организациям. В трудные годы Великой Отечественной войны это способствовало организации отгонного содержания скота на пустынных пастбищах и тем самым бесперебойному снабжению фронта продуктами животноводства.

После глубокого изучения и всестороннего анализа результатов многолетних исследований пустынь в 1947 г. У. М. Ахмедсафин завершает свой большой научный труд «Подземные воды песчаных пустынь южной части Казахстана», который он в том же году успешно защищает как докторскую диссертацию.

В этой работе помимо характеристики гидрогеологических

условий пустынных районов, открытия мощных пресноводных грунтовых потоков Уфа Мендбаевич впервые выдвинул следующие важнейшие научно-теоретические положения:

1. Вопреки существовавшей ранее концепции конденсационного происхождения небольших пресных линз подземных вод теоретически и экспериментально им было доказано, что в пустынных зонах формируются сотни миллиардов кубометров доброкачественных подземных вод. Они образуются в результате инфильтрации выпадающих зимне-весенних атмосферных осадков, скапливающихся в межбугристых и межгрядовых понижениях, отчасти паводковых вод, поступающих с сопредельных предгорных районов, и, наконец, фильтрации речных вод там, где имеется речная сеть. На основании количественного определения источников питания им была установлена величина подземного стока и рассчитаны ежегодно возобновляемые ресурсы грунтовых вод.

2. Изучены и установлены закономерности формирования минерализации и химического состава грунтовых вод, основные источники накопления в воде минеральных солей, из которых в пустынях наибольшее значение имеет испарительная концентрация солей. Выявлена горизонтальная и вертикальная гидрохимическая зональность, имеющая важное значение для поисков различного типа и качества подземных вод и их пространственного распределения.

3. Выявлены закономерности формирования режима вод пустынных районов, разработана их генетическая классификация.

4. Рассмотрены и обоснованы различные поисковые признаки доброкачественных грунтовых вод в пустынях, позволяющие с наименьшими затратами времени и средств устанавливать их наличие, глубину залегания и качество.

5. В результате изучения водоотдающих свойств пород, производительности водоносных горизонтов обоснованы возможности извлечения части водных запасов для обводнения пастбищ, сельскохозяйственного водоснабжения и организации оазисного орошения.

Эти исследования У. М. Ахмедсафина не только коренным образом изменили представления ряда ученых, которые считали, что пустыни безводны или бедны водными ресурсами, но и привели к очень важным научным выводам, составившим основу нового направления гидрогеологической науки — аридной гидрогеологии. Они открыли широкие перспективы для дальнейшего изучения и планомерного освоения природных ресурсов песчаных пустынь. Интересно отметить, что подобная работа за рубежом, по Северной Африке, появилась только спустя 20 лет.



Член-корреспондент АН СССР Г. Н. Каменский и проф. Ф. А. Котлов высоко отозвались о работе У. М. Ахмедсафина, подчеркнув, что это подлинный научный подвиг и преходный материал для научной основы аридной гидрогеологии. Значительная часть теоретических вопросов уже разработана. По определению проф. А. М. Овчинникова, Д. И. Яковлева и О. К. Ланге, она представляет собой крупный вклад в советскую гидрогеологическую науку и является настольной книгой для исследователей пустынь и организаторов производства.

В послевоенные годы под руководством и при непосредственном участии У. М. Ахмедсафина проводятся разносторонние исследования подземных вод Западного, Центрального и Южного Казахстана. Изучаются коллекторские свойства различных комплексов пород, закономерности распределения подземных вод различного качества в зависимости от рельефа, тектоники и структурного строения. В результате были выявлены и рекомендованы для эксплуатации большие запасы пресных подземных вод, сосредоточенные в карбонатных структурах, массивах гранитоидов древних и современных долин и песчаных массивов республики.

С началом освоения целинных земель У. М. Ахмедсафин возглавил гидрогеологические исследования в Северном Казахстане. Несмотря на слабую изученность и сложные природные условия этого региона, здесь были выявлены и закартированы перспективные водоносные горизонты и комплексы, содержащие значительные запасы подземных вод, и оперативно была решена проблема водоснабжения 400 целинных совхозов, колхозов, многих районных центров, железнодорожных станций и т. д. В этот период У. М. Ахмедсафиным были разработаны принципы гидрогеологического районирования Казахстана и прогрессивный метод составления сводных гидрогеологических карт, позволяющий пространственно отобразить важнейшие для аридных условий параметры подземных вод. Они изложены в монографии «Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана» и в ряде научных статей.

С самого начала работы в Казахстане У. М. Ахмедсафин уделял большое внимание изучению глубинной гидрогеологии аридных районов республики, вопросам формирования в них артезианских вод.

Что касается артезианских вод, то этот регион был почти не изучен ранее. Здесь было выявлено всего несколько бассейнов: А. Л. Яншиным — в Северном Приаралье, Д. И. Яковлевым — в низовьях Чу. Остальная часть огромной территории для поисков артезианских вод считалась малоперспективной.

Важные теоретические положения, установленные по региональному комплексному изучению закономерностей формирования, размещения, режима подземных вод в пустынных районах, анализ большого количества фондовых, литературных материалов, дополненных новыми научными проработками и построениями по гидродинамике, стоку напорных вод, их связи с горными областями, несущими обильную влагу и являющимися основными областями питания геологических структур, позволили разработать новые научно-методические принципы прогнозирования, картирования и региональной оценки водных ресурсов недр и впервые в истории наших и зарубежных гидрогеологических исследований создать и опубликовать фундаментальные прогнозные карты артезианских бассейнов (с монографией).

В результате на территории республики было выявлено и охарактеризовано 70 крупных и малых артезианских бассейнов, приуроченных к различным геологическим структурам. На картах прогноза артезианских бассейнов отображены основные возрастно-литологические комплексы водовмещающих пород, нередко залегающих поэтажно, глубины залегания, производительность, минерализация и степень напорности подземных вод; показаны природные условия их формирования, оценены прогнозные вековые запасы по отдельным бассейнам и республике в целом. Последние определены в 7,5 трлн. м<sup>3</sup>, они ежегодно возобновляются в размере 45 млрд. м<sup>3</sup>. По объему они равнозначны 75 озерам типа Балхаша или 25 морям типа Азовского.

Выявленные и всесторонне охарактеризованные (большой частью прогностически) многочисленные артезианские бассейны и грунтовые потоки впоследствии были подтверждены поисково-разведочными работами, выполненными различными производственными геологическими организациями. Установленные при этом региональные закономерности формирования и территориального размещения ресурсов напорных подземных вод в различных природно-геологических условиях, раскрывающих большое разнообразие гидрогеологии аридных районов и перспективы поисков и выявления доброкачественных высоко- и среднепроизводительных артезианских вод, являются новым крупным достижением отечественной гидрогеологической науки и практики. Выполненный комплекс разработок по изучению региональных закономерностей формирования и созданию карт прогноза артезианских бассейнов получил заслуженное признание у нас в стране и за ее пределами. Крупнейший ученый в области водохозяйственного строительства академик ВАСХНИЛ А. Н. Аскоченский так образно охарактеризовал У. М. Ахмедсафина: «Он настоящий Джамбул в гидрогеоло-

гии, поэт подземных морей» (Народное хозяйство Казахстана, 1970, № 4). Научные положения по прогнозированию, выявлению и картированию артезианских бассейнов У. М. Ахмедсафиным неоднократно докладывались на различных совещаниях, конференциях и симпозиумах. В 1963 г. на симпозиуме ЮНЕСКО по освоению пустынь, где участвовали представители Аргентины, США, ближневосточных стран, Ирана и Чехословакии, в докладе У. М. Ахмедсафина отмечалось, что под пустынями могут формироваться огромные запасы доброкачественных подземных вод, весьма перспективных для развития сельского хозяйства. В 1966 г., после того как У. М. Ахмедсафин доложил результаты изучения и картирования артезианских вод перед членами президиума АН СССР, президент АН СССР М. В. Келдыш отметил, что эти исследования имеют большое народнохозяйственное значение.

Выявленные особенности формирования, гидродинамики, режима и гидрохимии подземных вод в засушливых районах явились основой для разработки У. М. Ахмедсафиным ряда научных классификаций, таких, как классификации режима грунтовых вод аридных и ирригационных районов, ресурсов подземных вод по времени их формирования, производительности вод, методов управления режимом и ресурсами подземных вод при их эксплуатации и классификации по степени пригодности для коммунально-питьевого водоснабжения и др.

Учитывая исключительную важность картирования для точного отображения в пространстве природно-гидрогеологических условий, процессов формирования подземных вод, У. М. Ахмедсафин наряду с составлением прогнозных карт артезианских бассейнов разработал научные и методические основы комплекса гидрогеологических карт Казахстана. Под его руководством и при активном участии составлены и опубликованы первая гидрогеологическая карта Казахстана (1970, масштаб 1:1 500 000), выполненная по новой оригинальной методике, дающей пространственное отображение важнейших параметров подземных вод (распространение, минерализация, глубина залегания и др.); карта подземных вод пастбищных территорий Казахстана с монографической запиской (1967—1969), имеющие большое значение для обводнения бескрайних пастбищ республики; карта модулей подземного стока Казахстана с монографией «Формирование подземного стока на территории Казахстана» (1970—1974), позволяющая определить ежегодно возобновляемые ресурсы подземных вод; крупная специализированная гидрогеологическая карта Казахской ССР с монографией по гидрогеологическим условиям, прогнозированию, обоснованию переброски части стока сибир-

ских рек в Казахстан и Среднюю Азию (1974—1975); серия карт по формированию, гидродинамике артезианских вод Южного Казахстана с монографией (1973).

Развивая исследования в области региональной оценки и картирования водных ресурсов недр, под руководством и при непосредственном участии У. М. Ахмедсафина в 1978 г. была опубликована уникальная карта распределения ресурсов подземных вод Казахстана и в 1981 г. — фундаментальная карта прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод республики. Эти карты, по существу, являются моделью гидрогеологических условий изучаемых территорий. Главным в их содержании является отображение различных видов водных ресурсов (вековых, ежегодно возобновляемых, прогнозных эксплуатационных), содержащихся в каждом квадратном километре площади, с указанием их качества, глубины залегания, возможности извлечения различными типами водозаборов. Созданные карты и классификации позволили впервые оценить региональные эксплуатационные ресурсы подземных вод Казахстана в количестве 1960 м<sup>3</sup>/с, показать их территориальное распределение, степень водообеспеченности ими отдельных территорий, что особенно важно для планирования и осуществления различных водохозяйственных мероприятий.

Важнейшие исследования, теоретические разработки, карты, монографии, многочисленные научно-технические, экономически обоснованные рекомендации, заключения, внедренные в практику и широко используемые планирующими, геологоразведочными и водохозяйственными организациями, позволили обеспечить водой десятки городов, в том числе и столицу республики г. Алма-Ату, для которой ежедневно извлекается до 1 млн. м<sup>3</sup> доброкачественной воды, а частичное осушение водоносных горизонтов, по У. М. Ахмедсафину, снимает напряжение в земной коре, улучшает сейсмические условия сейсмоопасных территорий. Подземными водами обеспечивается также более 2000 населенных пунктов, обводняется до 100 млн. га пастбищ, орошается более 45 тыс. га засушливых земель. Таким образом, рассмотренные научные разработки способствовали ускоренному развитию производительных сил засушливых территорий республики, сэкономили государству около 1,5 млрд. руб., позволили составить генеральную схему водообеспечения народного хозяйства республики до 2000 г., а также ТЭО I очереди переброски части стока сибирских рек по Тургайскому варианту с прогнозированием возможных изменений мелиоративно-гидрогеологических условий в зоне канала. Вместе с учениками У. М. Ахмедсафин прилагает энергичные усилия для разностороннего развития гидрогеологиче-

ской науки аридных районов — от регионального направления до сейсмогидрогеологии — для широкого привлечения открытых в пустынях водных ресурсов недр в интересах коммунально-промышленного, сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения пастбищ и оазисного орошения. В результате этих работ аридная гидрогеология Казахстана занимает передовые позиции не только в нашей стране, но и за рубежом.

Основные научно-теоретические положения в области аридной гидрогеологии неоднократно докладывались Уфой Мендбаевичем на всесоюзных и региональных конференциях. Установленные закономерности формирования крупных ресурсов доброкачественных подземных вод в аридных районах получили мировой резонанс и явились известным толчком к широкому поискам, открытию и эффективному освоению ресурсов пресных подземных вод во многих развивающихся странах Азии, Африки и Австралии.

Результаты исследований, научно-теоретические положения, разработанные У. М. Ахмедсафиним, изложены в 450 научных трудах, включая 15 монографий. В них освещаются узловые вопросы аридной гидрогеологии: пространственное распределение водоносных горизонтов и комплексов, теоретические основы формирования и зональное размещение артезианских и грунтовых вод, качественные и количественные принципы прогнозирования, выявления, региональной оценки, картирования водных ресурсов недр, научно-технические и экономические обоснования их использования, прогнозирование изменений окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности человека. Эти научные труды, публикации, открытия свидетельствуют об исключительном трудолюбии ученого, его целеустремленности, широте научных поисков и масштабах исследований.

О научной деятельности У. М. Ахмедсафина написано большое количество очерков, статей у нас и за рубежом, характеризующих его как крупного ученого, смелого исследователя пустынь, первооткрывателя «подземных морей», пропагандиста научных знаний.

Научная деятельность У. М. Ахмедсафина о формировании огромных запасов пресных подземных вод в пустынях отражена в популярной форме в статьях, опубликованных в центральных и республиканских газетах и журналах. Эти статьи и его выступления на всесоюзных конференциях и международных симпозиумах сыграли большую роль в популяризации советской гидрогеологической науки.

У. М. Ахмедсафин является основателем Казахстанской гидрогеологической школы. Под его руководством подготов-

лено более 50 кандидатов и докторов наук, большое число специалистов-гидрогеологов, которые успешно трудятся в республике и за ее пределами. Среди них видные ученые: член-корреспондент АН КазССР Ж. С. Сыдыков, доктора и кандидаты наук Е. В. Посохов, В. С. Жеваго, С. Ж. Жапарханов, С. М. Шапиро, М. Х. Джабасов, Т. Т. Исабаев, Р. М. Курмангалиев, В. Ф. Шлыгина, С. К. Калугин, В. П. Бочкарев, Н. Ф. Колотилин, С. В. Левин, Н. Ф. Федин и др. Уфа Мендбаевич принимал самое активное участие в организации первого в системе АН СССР и академий союзных республик Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР, разрабатывающего важные проблемы аридной гидрогеологии; с 1965 г. — он директор института.

Наряду с успешной научной деятельностью У. М. Ахмедсафин ведет большую организационную работу. С 1948 по 1952 г. он заведует кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии Казахского горно-металлургического (ныне Политехнического) института, где в 1949 г. ему было присвоено звание профессора, с 1948 по 1953 г. он член Ученого совета Казахского горно-металлургического института, а с 1951 г. и поныне — постоянный член бюро Отделения наук о Земле АН КазССР, с 1963 по 1967 г. — зам. председателя Ученого совета ордена Трудового Красного Знамени Института геологических наук имени К. И. Сатпаева Академии наук Казахской ССР. На протяжении ряда лет он работает председателем водной секции НТС Госплана КазССР, являлся членом гидрогеологической секции Национального комитета геологов СССР (1955—1960), а с 1976 г. — членом комитета Госплана Казахской ССР.

В 1951 г. Уфа Мендбаевич был избран членом-корреспондентом, а в 1954 г. — академиком Академии наук Казахской ССР. Все эти годы плодотворную научную работу он совмещает с важной общественной деятельностью. В 1946—1950 гг. он избирается народным заседателем Верховного суда КазССР, в 1955—1959 гг. — депутатом и членом Президиума Верховного Совета республики четвертого созыва.

Он избирался депутатом Фрунзенского райсовета народных депутатов г. Алма-Аты, является членом ряда союзных и республиканских ученых и научно-технических советов, членом главной редакции издания «Гидрогеология СССР», главной редакции Казахской Советской Энциклопедии, он член секции Научного совета по комплексному использованию и охране водных ресурсов Срединного региона при ГКНТ СМ СССР и член Научного совета АН СССР по проблемам биосферы.

Разносторонняя деятельность Уфы Мендбаевича отмечена

многими правительственными наградами: он награжден орденами Ленина и «Знак Почета», пятью медалями и Почетными грамотами Верховного Совета КазССР. В 1961 г. ему присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Казахской ССР, а в 1969 г. за выдающиеся заслуги в развитии советской гидрогеологической науки — звание Героя Социалистического Труда. В 1980 г., в год славного шестидесятилетнего юбилея республики и Компартии Казахстана, группа ученых Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР (Ж. С. Сыдыков, С. М. Шапиро, С. Ж. Жапарханов, М. Х. Джабасов и В. Ф. Шлыгина) под руководством У. М. Ахмедсафина была удостоена Государственной премии Казахской ССР в области науки и техники. В серии отмеченных монографий и карт рассматриваются важные для науки и практики вопросы происхождения, миграции, накопления и прогнозирования пространственного распределения ресурсов доброкачественных подземных вод на территории Казахстана. Предлагаются новые принципы и методы гидрогеологического районирования, классификации и региональной оценки водных ресурсов недр, обосновываются возможности широкого и рационального использования подземных вод в народном хозяйстве. Указанные научные разработки являющиеся крупным вкладом в гидрогеологическую науку аридных районов, имеют большое значение для развития производительных сил республики.

Уфа Мендбаевич обладает тонкой наблюдательностью натуралиста. Как все естествоиспытатели, он любит природу, особенно родную Казахскую степь, пустыню, понимает и умеет ценить, хорошо знает особенности их растительного мира, его связь с грунтовыми водами различного состава и качества. Обладая природными способностями к рисованию (в свое время он мечтал стать художником) и достигнув в этом немало мастерства, Уфа Мендбаевич умело использует их в полевых исследованиях. Немало натуральных зарисовок характерных форм рельефа, гидрогеологических разрезов, выходов подземных вод (родники, озера, мочажины) выполнены им для пояснения исследуемых вопросов в различных уголках пустынных массивов.

Большое значение Уфа Мендбаевич придает публикации научных работ, популяризации и внедрению научных достижений. Он много пишет и, несмотря на занятость, охотно отзывается на просьбы выступить в печати, по радио или телевидению, поделиться интересными и важными результатами своих работ.

В его библиотеке хранятся книги, оттиски статей, присылаемые ему авторами и издательствами из разных городов нашей

страны и в немалом количестве на русском. Он получил много писем от советских и зарубежных специалистов и ученых.

В связи с 70-летием со дня рождения Уфы Мендбаевича его многочисленные ученики, коллеги, последователи от души желают ему доброго здоровья, неиссякаемой энергии, новых творческих успехов и свершений на благо советской науки.



*У. М. АХМЕДСАФИН*

## **ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ АРИДНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ**

Гидрогеология аридных районов Казахстана начала формироваться после Великой Октябрьской социалистической революции в связи с мобилизацией природных ресурсов для нужд народного хозяйства. Геологическим комитетом СССР, отдельными исследователями АН СССР еще в 20-х годах были начаты гидрогеологические изыскания, которые легли в основу развития гидрогеологической науки в республике.

Существенный сдвиг в гидрогеологическом изучении аридных зон Казахстана намечается в 30-х годах, когда Казахским геологическим управлением и отдельными экспедициями Москвы, Ленинграда в некоторых аридных районах были проведены маршрутные, съемочные и разведочные работы, связанные с обоснованием строительства дорог, водообеспечением отдельных отраслей народного хозяйства. Результаты их большей частью были опубликованы в трудах А. А. Козырева, И. Г. Кассина, Б. К. Терлецкого, В. Я. Гринева, Д. И. Яковлева, Н. Н. Тихоновича, О. К. Ланге, М. П. Русакова и др. В них кратко охарактеризованы геология, водоносность разновозрастных пород отдельных районов, рассмотрены некоторые методические вопросы поисков и разведки пресных подземных вод преимущественно в палеозойских породах. Большая часть территории Казахстана исходя из конденсационной гипотезы накопления подземных вод, а также засушливости климата оценивалась как безводная или содержащая соленые воды. Выявленные запасы пресных вод определялись всего в несколько десятков и редко сотен литров в секунду. В целом можно сказать, что в этот период, несмотря на ряд достижений, в гидрогеологических исследованиях теоретическая мысль отставала от производственных запросов. Особенно это сказывалось в поиске, разведке, установлении региональных закономерностей формирования, размещения подземных вод в аридных зонах, в прогнозировании, выявлении, картировании и оценке доброкачественных их запасов.

Постановка и всесторонняя разработка теоретических про-

Олем аридной гидрогеологии были начаты только после организации в 1940 г. сектора гидрогеологии и инженерной геологии в составе Казахского филиала АН СССР, который в 1965 г. был преобразован в Институт гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР. Развитие и становление гидрогеологической науки в республике было связано с решением двух важных задач: подготовкой квалифицированных научных кадров и разработкой актуальных научных направлений. Подготовка кадров осуществлялась из местных казахстанских специалистов. Если в 1940 г. в секторе имелся всего один кандидат наук, то к настоящему времени подготовлено более 50 кандидатов и 7 докторов наук, которые активно участвуют в развитии гидрогеологической науки и практики в Казахстане.

Поиск и разработка новых направлений в гидрогеологии аридных районов позволили достигнуть значительных результатов в выявлении и изучении запасов подземных вод и установлении перспектив их широкого хозяйственного использования. Для этого нужно было коренным образом изменить методику и направление исследований, основанных на представлениях о бедности недр доброкачественными водами. Это было достигнуто путем регионального подхода к изучению и установлению закономерностей формирования подземных вод в верхней части земной коры, установления их связи с важнейшими геологическими структурами, разновозрастными, наиболее благоприятными коллекторами, путем разработки принципиально новых методов прогнозирования, выявления, гидрогеологического картирования, регионального метода оценки, классификации прогнозных запасов, научного обоснования возможностей их широкого использования в народном хозяйстве. Эти научные принципы оправдали себя уже в сороковых годах, когда в песчаных пустынях юга Казахстана, ранее считавшихся безводными, были выявлены огромные запасы пресных подземных вод.

Разработка и развитие научных проблем аридной гидрогеологии Казахстана привели к формированию следующих важнейших научных направлений: *региональной гидрогеологии*, занимающейся изучением закономерностей формирования, размещения подземных вод, их прогнозированием и гидрогеологическим картированием.

Всестороннее изучение минерализации, химического состава подземных вод, разработка критериев поисков полезных ископаемых привели к созданию *гидрогеохимического направления*. В дальнейшем, по мере расширения исследований гидрогеологических процессов с применением современных методов вычислительной техники и математического моделирования, возникла *экспериментальная гидрогеология*. Необходимость

оперативного решения вопросов водообеспечения горнорудных районов, борьба с подтоплением шахт, рудников обусловили развитие научных исследований в области *гидродинамики и рудничной гидрогеологии*. Разработка методов предупреждения засоления и заболачивания орошаемых земель на базе изучения режима и баланса грунтовых вод предопределила развитие *мелиоративной гидрогеологии*. Необходимость всестороннего исследования тепла земли для нужд народного хозяйства привела к изучению *термальных и минеральных вод*. Горные сооружения, обуславливающие возникновение таких грозных явлений природы, как селевые потоки, оползни, снежные лавины, стали объектом *гидрофизических исследований*.

### Основные достижения аридной гидрогеологии

На основе многолетних разносторонних исследований, проведенных институтом в содружестве с геологическими организациями в пустынных и полупустынных районах Казахстана, была создана первая в стране научная школа аридной гидрогеологии, позволившая раскрыть и охарактеризовать строение подземной гидросферы республики.

Из ранних научных разработок следует отметить исследования режима подземных вод орошаемых районов некоторых аллювиальных и пролювиальных равнин, на основе которых была создана первая генетическая классификация с составлением карты режима подземных вод. Выделенные при этом типы режима оказались характерными для грунтовых вод многих аридных районов республики. Значительные результаты были достигнуты в изучении происхождения, химизма, радиоактивности термальных вод крупных тектонических разломов, приуроченных к северным склонам Заилийского и Джунгарского Алатау (Ф. А. Макаренко, Е. В. Посохов).

Результаты многолетнего изучения гидрогеологии песчаных пустынь Южного Казахстана были обобщены в монографии У. М. Ахмедсафина «Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана» (1951), в которой впервые в отечественной и зарубежной гидрогеологии всесторонне освещаются происхождение, режим, сток, закономерности формирования, водный баланс, гидрохимическая зональность подземных вод, определяются региональные прогнозные ресурсы ( $170 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и поисковые признаки подземных вод в песчаных пустынях. Эти исследования имели принципиальное теоретическое значение для дальнейшего суждения о формировании и размерах водных ресурсов недр в аридных районах не только Казахстана, но и далеко за его пределами. Аналогичная работа за рубежом была выполнена только спустя 20 лет.

При исследовании засушливых районов Центрального, Западного и Восточного Казахстана были выявлены большие запасы пресных вод в карбонатных структурах, древних и современных долинах, песчаных массивах, в гранитоидах, метаморфических толщах, изучена проблема размещения высокопроизводительных водоносных горизонтов, закономерности распределения пресных и соленых вод в зависимости от рельефа, тектоники, разработаны методы определения региональных ресурсов подземных вод. Рекомендации по эффективному их использованию позволили обеспечить водой население и промышленные предприятия ряда районов, особенно в годы войны и послевоенные (У. М. Ахмедсафин, Ж. С. Сыдыков, С. М. Шапиро, В. С. Жеваго, В. И. Курдюков, С. Ж. Жапарханов, М. Х. Джабасов, С. К. Калугин, Р. М. Курмангалиев, Н. Д. Петров, А. К. Джакелов, Т. Т. Исабаев, А. Н. Губаров, С. М. Мухамеджанов и др.).

Широкий размах гидрогеологические исследования, проводившиеся в тесном контакте ученых с производителями, получили в Северном Казахстане в связи с освоением целинных земель. Они позволили установить, оконтурить водоносные горизонты, комплексы пород, районы формирования доброкачественных пресных подземных вод и в сжатые сроки дать всестороннее обоснование для водоснабжения более 400 новых целинных совхозов, колхозов, МТС и полевых станов. Основные итоги исследований отражены в монографиях «Очерки целинных земель Казахстана», «Водные ресурсы Казахстана», в статьях, картах, записках.

Большим вкладом в аридную гидрогеологическую науку явилось составление фундаментальной карты прогноза артезианских бассейнов Казахстана (У. М. Ахмедсафин) с монографической запиской, которые были выполнены в 1950—1960 гг. на основе принципиально новой методики прогнозирования, картирования и всестороннего изучения и выявления закономерностей инфильтрационного формирования глубинных подземных вод аридных районов. В результате в считавшихся бедными пресной водой районах установлено и охарактеризовано 70 артезианских бассейнов площадью 1,5 млн. км<sup>2</sup>, в дальнейшем подтвержденных разведкой. На основе разработки данной методики впервые в мировой гидрогеологической практике были определены в целом и по бассейнам вековые запасы артезианских вод, превышающие 5 трлн. м<sup>3</sup>. Составление прогнозных карт явилось поворотным моментом в прогнозировании, выявлении, оценке, картировании огромных региональных естественных ресурсов подземных вод аридных районов, методические положения которых успешно используются не только в СССР, но и в развивающихся странах (Африке, Азии и Австралии).

Большим достижением ученых Института гидрогеологии и гидрофизики явилось также составление и издание в 1970 г. первой гидрогеологической карты Казахстана масштаба 1:1 500 000, выполненной на основе анализа большого фактического материала и установления закономерностей формирования и пространственного размещения подземных вод неглубокой циркуляции. Она позволила впервые на территории республики оконтурить ареалы распространения доброкачественных грунтовых вод на площади более 2 млн. км<sup>2</sup> и определить их вековые ресурсы (2,2 трлн. м<sup>3</sup>). Широкомасштабные исследования артезианских и грунтовых вод выявили огромные их ресурсы в республике (7,5 трлн. м<sup>3</sup>) и открыли путь к эффективной, целенаправленной разведке и использованию их в народном хозяйстве. В этот же период Министерством геологии Казахской ССР была выполнена карта основных водоносных горизонтов с отображением водовмещающих пород и минерализации подземных вод (А. Ф. Калмыков, А. А. Мухоряпова, А. Н. Губарев, А. А. Флеров и др.).

Дальнейшим продолжением региональных теоретических исследований явилось крупное обобщение по стоку подземных вод с разработкой методов их расчета и картирования в условиях аридных зон Казахстана и Средней Азии. В результате составлены и опубликованы карты подземного стока Казахстана с монографией «Формирование подземного стока на территории Казахстана» и совместно с МГУ, ВСЕГИНГЕО, Институтом водных проблем АН СССР и Гидроингео — карты подземного стока СССР. В итоге этих исследований впервые установлены ежегодно возобновляемые запасы подземных вод в республике в размере 48 млрд. м<sup>3</sup> в год (У. М. Ахмедсафин, Ж. С. Сыдыков, С. М. Шапиро, С. Ж. Жапарханов, М. Х. Джабасов, В. Ф. Шлыгина, А. В. Солнцев и др.).

В Институте гидрогеологии и гидрофизики большое внимание уделяется гидрогеологическому районированию, изучению формирования, гидродинамики подземных вод республики, оценке различных видов водных ресурсов недр. Итоги исследований опубликованы в монографиях «Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана», «Ресурсы и использование подземных вод», «Формирование подземных вод Казахстана», «Формирование и гидродинамика артезианских бассейнов Южного Казахстана», «Формирование и ресурсы подземных вод меловых отложений Западного и Северного Казахстана», «Экономика использования подземных вод» и т. д. В них освещаются новые принципы гидрогеологического районирования, классификации, методы региональной оценки прогнозных вековых, многолетних, возобновляемых ресурсов, обоснование их использо-

вания в народном хозяйстве, методы и экономика использования, рассматриваются проблемы установления основных областей, источников питания, движения, зональности и территориального распределения артезианских и грунтовых вод. Позднее вопросы накопления, распространения, районирования, использования подземных вод были изложены в пяти-томном издании «Гидрогеология СССР», составленном совместно сотрудниками Института гидрогеологии и гидрофизики, Министерства геологии КазССР и ВСЕГИНГЕО.

Интересные данные получены в результате многолетнего изучения гидрохимии, геотермии термальных и минеральных вод Казахстана, имеющих важное значение для курортно-строительства, теплофикации, теплоэнергетики, использования в качестве поисковых критериев полезных ископаемых. Они освещены в монографиях «Гидрохимические классификации и графики», «Геотермия и термальные воды Казахстана», «Термальные и минеральные источники Казахстана» и на гидрохимической карте Казахстана с выделением гидрохимических зон, поясов; на гидротермальной карте республики с отображением температуры, радиоактивного и газового состава термальных вод и перспектив их эксплуатации (Ж. С. Сыдыков, В. С. Жеваго, В. А. Бочкарева, В. И. Порядин, М. С. Кан и др.). Написан ряд научно-теоретических обобщающих монографий по подземным водам Мугодзар и Примугодзарских равнин (Ж. С. Сыдыков), юго-востока Центрального Казахстана (С. М. Шапиро), горнорудных районов (С. Ж. Жапарханов), артезианским водам Южно-Прибалхашских и Чу-Сарысуйских впадин (У. М. Ахмедсафин, М. Х. Джабасов), подземным водам фосфоритоносных районов Каратау (Т. К. Айтуаров и др.), геотермии Казахстана (В. С. Жеваго) и т. д. В них рассматриваются вопросы накопления, распространения, расходования артезианских и грунтовых вод в сложных природно-гидрогеологических условиях, динамика, режим, региональная оценка ресурсов подземных вод, производительность водоносных горизонтов, гидрохимическая зональность, газовый состав, возраст воды, некоторые аспекты прогнозирования водопритоков в горные выработки, водообеспечение городов, горнорудных предприятий за счет местных водных ресурсов аридных зон и др.

В институте при изучении эксплуатационного режима крупных месторождений подземных вод в предгорных равнинах, долинах рек, карбонатных структурах разрабатывалось новое перспективное направление с применением вычислительной техники и математического моделирования гидрогеологических процессов. Были разработаны методы управления режимом и ресурсами подземных вод в процессе эксплуатации,

совместно с ВСЕГИНГЕО создана гидрогеологическая модель Алма-Атинского месторождения подземных вод крупных гор-родов, включая Алма-Ату. Это направление успешно применялось также для ускоренного определения ресурсов подземных вод различной производительности, для прогнозирования подпора грунтовых вод в зоне влияния водохранилищ, магистральных каналов и др. Результаты обобщены в трудах «Формирование и прогноз эксплуатационного режима подземных вод на конусах выноса» (В. Ф. Шлыгина, Ф. В. Шестаков и др.), «Гидрогеологические прогнозы Балхашской впадины», «Гидрогеологические прогнозы в зоне Капчагайского водохранилища» (С. М. Шапиро, Т. Н. Винникова и др.),

Наряду с крупными теоретическими разработками, обобщениями в области аридной гидрогеологии, большое внимание уделялось выполнению специализированных гидрогеологических работ.

С участием представителей Казгидрогеологии составлена оригинальная карта и монография по подземным водам пустынных пастбищных территорий, охватывающих 56% пастбищного фонда СССР, на которой освещены все важнейшие параметры артезианских и грунтовых вод, эксплуатационные ресурсы более 80 пастбищных массивов, научные и экономические рекомендации по их использованию для водоснабжения, обводнения и оазисного орошения.

На орошаемых массивах юго-восточного Казахстана и в низовьях рек Сырдарьи, Или и Каратала изучались водно-солевой режим, баланс грунтовых вод, мелиоративно-гидрогеологические условия. Был разработан новый метод определения водно-солевого режима в пустынных климатических условиях. Выводы и прогнозы их послужили основой для улучшения мелиоративных условий этих районов, а также для борьбы и предупреждения засоления и заболачивания поливных земель, снижающих урожайность полей (В. Н. Иванов, П. Г. Гребенюков, Н. Ф. Федин). Большая работа проделана институтом по составлению крупной специализированной гидрогеологической карты Казахстана для обоснования переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию с монографической запиской, подробно освещающей гидрогеологические условия и прогноз изменений в результате такой переброски по Тургайскому прогибу и Западным Кызылкумам. Данная работа служит научной основой для перераспределения водных ресурсов республики, планирования водохозяйственных, мелиоративных, поисково-разведочных на воду работ и др.

На основе изучения формирования ресурсов и их классификации определены эксплуатационные ресурсы артезианских и грунтовых вод республики в размере 1960 м<sup>3</sup>/с с дифферен-

циацией их по провинциям, областям, районам, созданы классификации ресурсов по их производительности, гидрохимическая, по управлению режимом и ресурсами подземных вод и др.

Большим вкладом в аридную гидрогеологию являются созданные институтом оригинальные карты распределения ресурсов подземных вод Казахстана и крупная карта прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод. Они выполнены на основе разработки принципиально новой методики. На первой отражены истинные вековые, многолетние и ежегодно возобновляемые запасы подземных вод, содержащиеся в 1 км<sup>2</sup> площади, с всесторонней их характеристикой в пояснительной монографии, на второй отображены эксплуатационные ресурсы при извлечении части вековых и ежегодно возобновляемых запасов вод с 1 км<sup>2</sup> площади в самых различных природных условиях. Эти карты расширяют представления о различных типах, качестве водных ресурсов недр и водообеспеченности конкретных территорий и имеют большое теоретическое и прикладное значение (У. М. Ахмедсафин, Ж. С. Сыдыков, С. М. Шапиро, С. Ж. Жапарханов, М. Х. Джабасов, Р. М. Курмангалиев, В. Ф. Шлыгина и др.). Они используются для обоснования генеральной схемы водообеспечения народного хозяйства республики, создания орошаемых оазисов, овцеводческих совхозов.

Большое внимание уделялось прогнозированию изменения окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности человека; работы проводились по комплексной программе совместно с союзными и республиканскими организациями. Изучался солевой и подземный сток в Аральское море, в оз. Балхаш, его роль в водном, солевом балансе этих водоемов, в засолении почвогрунтов и опустынивании обсыхающей и прилегающей части бессточных впадин. В связи с обмелением рек, озер, понижением грунтовых вод и ухудшением их качества исследовались ресурсы местных артезианских вод и возможность их использования для водоснабжения, обводнения и оазисного орошения. Важное место занимали работы по прогнозированию и изменению гидрогеологических условий под влиянием переброски части стока сибирских рек по Тургайской равнине, Северным Кызылкумам, по составлению гидрогеологических карт, специальному картированию эксплуатационных ресурсов подземных вод при нормальном использовании и кратковременном максимальном извлечении воды в маловодные годы.

Изучался также подпор уровня грунтовых вод в зоне влияния проектируемого канала Сибирь — Средняя Азия, гидрохимический режим поверхностных и грунтовых вод в зоне



**Тегизского водохранилища, который отличается большой сложностью.**

Были проведены работы по установлению гидрофизических процессов в некоторых горных районах Южного Казахстана: исследован баланс влаги горных склонов с разработкой методов их определения и оценки.

В институте с самого начала организации гидрогеологической науки уделяется большое внимание разработке научно-методических положений. Важное значение для гидрогеологических исследований имеет разработка регионального метода установления закономерностей формирования подземных вод аридных районов. На основании изучения взаимосвязи атмосферы, гидросферы, литосферы, включая геологические структуры, был разработан метод прогнозирования глубинных артезианских вод пустынных территорий, а создание прогрессивных методов картирования позволило впервые в гидрогеологической практике составить прогнозные карты артезианских, грунтовых вод, подземного стока, гидрохимии, гидродинамики, гидротермии, распределения вековых, многолетних и ежегодно возобновляемых запасов и прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод республики.

Разработана классификация и методика определения прогнозных региональных вековых, возобновляемых и эксплуатационных ресурсов подземных вод, позволившие установить в аридных районах огромные водные ресурсы и большие эксплуатационные возможности.

Институтом разрабатывались методы гидрогеологического районирования грунтовых, артезианских вод, мелиоративно-гидрогеологических, гидротермических условий. Важный вклад сделан в разработку методики оценки подземного стока аридных районов СССР и прогнозирования подпора грунтовых вод в зоне влияния водохранилищ, методики изучения эксплуатационного режима управления ресурсами подземных вод, гидрогеохимических поисков полезных ископаемых, прогнозирования водопритоков в горные выработки и др., которые широко используются водохозяйственными, сельскохозяйственными, строительными организациями, геологоразведочной, гидрометеорологической службой у нас и за рубежом.

Разносторонние исследования, выполненные в институте по комплексным программам, часто осуществлялись в тесном сотрудничестве с такими ведущими научными и производственными организациями, как АН СССР, Сибирское отделение АН СССР, АН Узбекистана, Туркмении, Министерств геологии СССР, Казахской ССР, мелиорации и водного хозяйства КазССР, цветной металлургии КазССР, энергетики СССР,

Гидропроекта, Главрассовхозстроя, Госстроя, с которыми было заключено 19 договоров.

Важные исследования по гидрогеологической съемке, картированию, разведке вод и определению их запасов по промышленным категориям осуществляются в производственном объединении Казгидрогеология (А. К. Джакелов, Т. К. Айтуаров, Т. Т. Исабаев, В. Д. Малахов, А. Н. Губарев и др.). Следует отметить, что создание в Минводхозе КазССР «Казглавподземвода» открывает широкие горизонты для службы эксплуатации водных ресурсов недр.

Большая работа проделана в Институте гидрогеологии и гидрофизики и отчасти в Министерстве геологии КазССР по изданию научных трудов. За последние 30 лет в республике издано 45 монографий и сборников объемом в 500 печатных листов, 17 гидрогеологических карт, опубликовано более 600 научных статей, в том числе в союзных изданиях и за рубежом (Индия, Китай, Пакистан, Сирия, ГДР, Чехословакия, Польша, Египет и др.).

Опубликование большого числа научных трудов и научная пропаганда гидрогеологических знаний способствовали более оперативному ознакомлению общественности с достижениями гидрогеологической науки и внедрению их результатов в народное хозяйство. Разносторонние научные исследования на огромных просторах Казахстана стали возможными благодаря научной организации труда, постоянным поискам, развертыванию фундаментальных работ и, наконец, тесной связи с производством.

Большой вклад в организацию, развитие аридной гидрогеологической науки Казахстана внесли академик АН КазССР, Герой Социалистического Труда У. М. Ахмедсафин, член-корреспондент АН КазССР Ж. С. Сыдыков, доктора геолого-минералогических наук С. М. Шапиро, С. Ж. Жапарханов, В. С. Жеваго, кандидаты геолого-минералогических наук М. Х. Джабасов, Р. М. Курмангалиев, В. Ф. Шлыгина, В. Н. Иванов, Т. К. Карамурзиев, В. А. Бочкарева, С. К. Калугин, Ф. В. Шестаков, Н. Д. Петров, Т. К. Айтуаров, А. К. Джакелов, Т. Т. Исабаев, А. В. Солнцев, Ф. К. Кабиев, Ж. В. Муртазин, В. И. Порядин, М. Ш. Батабергенова, К. М. Давлетгалиева, С. Б. Кунанбаев, М. А. Мухамеджанов, М. С. Кан, Н. М. Бондаренко, Н. Я. Якупова и др.

Важную поддержку в организации научных исследований, особенно в подготовке кадров, оказали ученые Института геологических наук К. И. Сатпаев, Н. Г. Кассин, Р. А. Борукаев, Е. Д. Шлыгин и такие известные ученые страны, как М. В. Келдыш, А. П. Виноградов, А. Л. Яншин, Г. В. Богомолов, Т. П. Афанасьев, Ф. А. Макаренко, Н. И. Плотников,

**Ф. К. Котлов, И. В. Гармонов, И. К. Зайцев, С. Я. Троянский, В. И. Куделин и др.**

С благодарностью мы вспоминаем наших учителей, основателей гидрогеологической науки академика Ф. П. Саваренского, членов-корреспондентов АН СССР Г. Н. Каменского, В. А. Приклонского, Н. Н. Славянова, проф. О. К. Ланге и др., оказавших большую помощь в подготовке высококвалифицированных кадров для Казахстана.

Выдающийся ученый и организатор науки, академик, трижды Герой Социалистического Труда М. В. Келдыш, выступая на юбилейной сессии АН КазССР в 1971 г., отметил: «Большое значение приобрели результаты многолетних исследований ученых-гидрогеологов Казахстана по формированию подземных вод в аридных районах республики. Методы прогнозирования, региональной оценки и картирования ресурсов подземных вод, разработанные в Казахстане, широко используются при работах и в других засушливых районах Союза» (Вестник АН КазССР, 1971, № 7).

Ученые-гидрогеологи Казахстана в содружестве с научно-исследовательскими и геологическими организациями за годы советской власти внесли большой вклад в изучение и развитие аридной гидрогеологической науки. Важнейшие теоретические положения по формированию, прогнозированию, выявлению, картированию и региональной оценке водных ресурсов недр аридных районов и составленные на этой основе комплексы фундаментальных карт и обобщающих монографических работ положили начало научному гидрогеологическому прогнозированию и открытию обширных пресных водных подземных бассейнов в засушливых районах не только в СССР, но и в развивающихся странах. В Казахстане, ранее считавшемся безводным, они позволили открыть и всесторонне изучить 70 артезианских бассейнов, многочисленные грунтовые потоки, содержащие огромные водные ресурсы, определить эксплуатационные возможности в размере до 1960 м<sup>3</sup>/с воды и всесторонне обосновать перспективы рационального их использования в народном хозяйстве. Это позволило на научной основе проводить разведку водных ресурсов недр в важнейших экономических районах и в результате перевести на подземное водоснабжение 40 крупных и средних городов, в том числе столицу г. Алма-Ату, которая извлекает из недр ежедневно около 1 млн. м<sup>3</sup> воды. Использование подземных вод способствует не только устойчивому водообеспечению, но и частично снимает напряжение в земной коре, улучшает сейсмические условия города. Оптимальное снижение уровней воды способствовало также улучшению антисейсмического строительства, экологических условий, исчезли заболоченные

участки — рассадники малярии и других болезней. Подземными водами снабжаются более 2000 населенных пунктов, включая 500 целинных совхозов, обводняются около 97 млн. га пастбищ. В полупустынях на площади 40 тыс. га созданы орошаемые оазисы для кормопроизводства, значительные исследования проведены по обоснованию переброски части стока сибирских рек и другим водохозяйственным мероприятиям. Все это ускорило развитие производительных сил республики. Экономия государству от этих мероприятий превысила 1,0 млрд. руб.

Перед гидрогеологами республики стоят следующие научные задачи: дальнейшее раскрытие закономерностей формирования, размещения артезианских и грунтовых вод пустынных и полупустынных районов, их связь с литосферой, атмосферой, гидросферой; совершенствование количественного и качественного гидрогеологического прогнозирования, комплексного картирования подземных вод. Важное значение имеет изучение гидрохимической, гидродинамической зональности различных типов вод, формирования тепловых потоков, гидрофизической их сущности, уточнение оценки вековых, многолетних и ежегодно возобновляемых и эксплуатационных водных ресурсов недр аридных зон, классификация их по степени пригодности для хозяйственно-питьевого водоснабжения, водопоя скота, мелиорации засушливых земель, определение перспектив, методов, экономики их использования для коммунально-промышленного водоснабжения, обводнения, оазисного орошения засушливых безводных территорий.

В связи с широким использованием водных ресурсов весьма актуальной проблемой, подлежащей разработке, являются методы управления режимом эксплуатации подземных вод, автоматизация подачи воды потребителю, моделирование гидрогеологических процессов как в естественных условиях, так и при возведении гидротехнических ирригационных сооружений.

В горнорудных районах в связи с осушением месторождений полезных ископаемых важной проблемой является изучение динамики трещинно-карстовых вод, разработка методов прогнозирования водопритоков в горные выработки и мер борьбы с подтоплением шахт, рудников. На засушливых орошаемых территориях борьба с засолением и заболачиванием земель обуславливает необходимость изучения водно-солевого режима и водно-солевого баланса грунтовых вод и на этой основе разработку мер, предупреждающих ухудшение плодородия почв, понижение урожайности полей. Большой проблемой аридной гидрогеологии, подлежащей дальнейшей разработке, является всестороннее прогнозирование изменения окружающей среды под влиянием переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию, обмеление Араль-

ского моря, озера Балхаш, Алаколь, строительство водохранилищ, ирригационных каналов, выполняемых по комплексным целевым программам совместно с другими научными, проектными и производственными организациями страны.

В горных районах Южного Казахстана все большее значение приобретает изучение гидрофизических процессов, позволяющих дать уточненную оценку баланса влаги горных склонов, являющихся областями питания артезианских бассейнов. В комплексе планируемых научно-исследовательских работ важное место отводится сейсмогидрогеологическим исследованиям, направленным на предупреждение и прогнозирование сейсмических процессов.

Можно быть уверенным, что задачи, возложенные на аридно-гидрогеологическую науку и направленные на дальнейшее развитие фундаментальных исследований, разработку научных основ водообеспечения народного хозяйства за счет местных водных ресурсов, прогнозирование изменений окружающей среды, будут успешно решены учеными в тесном содружестве с производством.

*Т. Т. ИСАБАЕВ, А. К. ДЖАКЕЛОВ, Т. К. АЙТУАРОВ,  
О. М. ДЫРДИН*

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДАЛЬНЕЙШИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В Казахстане, огромная территория которого относится к засушливой зоне, одним из факторов, определяющих развитие народного хозяйства, является наличие водных ресурсов. Для многих районов республики основным источником водоснабжения служат только подземные воды, так как ресурсы поверхностных вод здесь весьма ограничены и распределены очень неравномерно. В этих условиях большой объем работ, выполненных гидрогеологами республики по поискам и разведке подземных вод для орошаемого земледелия, водоснабжения промышленных объектов, имеет огромное народнохозяйственное значение.

К настоящему времени разведаны эксплуатационные запасы подземных вод в количестве  $486 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $A+B+C_1$ ), что составляет 52% от прогнозных запасов с минерализацией до 3,0 г/л. В результате большинство областных центров (за исключением Гурьева и Петропавловска) надежно обеспечены питьевой и технической водой.

Для обоснования проектов обводнения пастбищ проведены поисковые работы на площади 140 млн. га, из них на 92 млн. га получены положительные результаты. Выполнены поиски подземных вод для водоснабжения 3655 хозяйственных центров, причем для 2926 изысканы воды, пригодные для хозяйственно-питьевых целей.

Мингео КазССР провело обширные гидрогеологические исследования по поискам и разведке месторождений подземных вод для орошения. В пределах Актюбинской, Алма-Атинской, Джамбулской, Карагандинской, Кзыл-Ординской, Павлодарской, Семипалатинской, Талды-Курганской и Чимкентской областей были разведаны и утверждены ГКЗ СССР и ТКЗ эксплуатационные запасы подземных вод по 30 месторождениям в количестве  $133 \text{ м}^3/\text{с}$ , в том числе  $81 \text{ м}^3/\text{с}$  по категориям  $A+B$ . Разведанные месторождения приурочены в основном к крупным артезианским бассейнам платформенного типа, конусам выноса предгорных шлейфов и межгорным впа-

динам. Как показала практика, месторождения подземных вод, приуроченные к этим структурам, наиболее благоприятны для эксплуатации: воды обладают большим напором, производительность водозаборных скважин достигает 50—100 л/с и более. Утвержденные запасы позволяют оросить более 160 тыс. га земель. К сожалению, освоение месторождений подземных вод для орошения в республике осуществляется медленными темпами. Так, по данным Минводхоза КазССР, орошаемая площадь за счет использования подземных вод в республике составляет только 40 тыс. га.

Большие объемы работ выполнены по картированию территории Казахстана. В текущей пятилетке завершена государственная гидрогеологическая съемка масштаба 1:200 000 на доступных для ее проведения площадях. Выполнена инженерно-геологическая съемка масштаба 1:200 000 для целей мелиорации на площади 283 тыс. км<sup>2</sup> и для обоснования выбора трасс каналов переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря на площади 245 тыс. км<sup>2</sup>. Проведена комплексная геолого-гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1:50 000 для целей мелиорации на площади 57 тыс. км<sup>2</sup>.

Материалы съемок используются при текущем и перспективном планировании, а также являются основой для разработки мелиоративных мероприятий.

В пределах республики выявлено более 70 месторождений минеральных вод, разведаны и утверждены эксплуатационные запасы по 22 из них. На базе разведанных месторождений функционируют курорты республиканского значения — Сары-Агач и Алмаарасан, а также бальнеолечебницы Арасан-Капал, Барлык-Арасан, Рахмановские ключи и др. Организован розлив курамской, челкарской, каражальской, чимкентской, шевченковской и других столовых минеральных вод. Следует отметить, что минеральные лечебные воды выявлены почти во всех областях. В настоящее время проводятся разведочные работы в Уральской, Павлодарской, Талды-Курганской, Чимкентской, Джамбулской, Актюбинской областях. Результаты работ свидетельствуют о возможности организации в ряде промышленных районов (Павлодар, Алма-Ата, Караганда и др.) профилактического лечения трудящихся без отрыва от производства.

Производственно-геологическим объединением Казгидрогеология совместно с Институтом гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР завершается обобщение материалов по термальным водам Казахстана с оценкой их эксплуатационных запасов. Для первоочередного освоения в качестве источника тепла

перспективы для выявления пресных подземных вод. Так, в бассейнах рек Урала и Волги отдельными скважинами вскрыты пресные воды в песчано-галечных отложениях древних долин.

Для удовлетворения растущей потребности в воде по ряду ранее утвержденных месторождений планируется коренная переоценка эксплуатационных запасов (Талды-Курганское, Уральское, Каскеленское и др.). Кроме того, предполагается провести поисково-разведочные работы с целью водоснабжения вновь организованных районных центров, а также многих горнорудных, химических предприятий и рабочих поселков. Будут усилены поиски подземных вод в районах с напряженным водохозяйственным балансом.

Увеличение площади орошаемого земледелия и обводнение пастбищ требуют выявления дополнительных эксплуатационных ресурсов подземных вод. В соответствии с постановлением Центрального Комитета Компартии Казахстана и Совета Министров Казахской ССР «Об орошении земель подземными водами» в ближайшие годы намечается широкое использование разведанных месторождений подземных вод. Для обеспечения перспективных планов развития орошаемых земель в XI пятилетке предусматривается разведать и оценить запасы подземных вод по сумме категорий в количестве 50 м<sup>3</sup>/с, что позволит оросить дополнительно 100 тыс. га земель. В отдельных районах планируется разведка подземных вод для залива естественных сенокосов и обводнения пастбищ путем строительства локальных и групповых водопроводов.

В соответствии с заявками Минводхоза КазССР планируется проведение поисковых работ для обоснования проектов обводнения пастбищ на площади 40 млн. га. Будут продолжены поиски подземных вод для водоснабжения более 1800 хозяйственных центров колхозов и совхозов, причем для хозяйств, находящихся в сложных гидрогеологических условиях, намечено выполнить значительные объемы разведочных работ.

*Гидрогеологическое картирование территории.* Учитывая, что почти вся территория республики заснята гидрогеологической съемкой масштаба 1:200 000, предполагается начать гидрогеологическую или комплексную геолого-гидрогеологическую съемку масштаба 1:50 000. Эти работы в первую очередь намечается провести в районах со сложными гидрогеологическими и гидрохимическими условиями, перспективность дальнейших поисковых работ и закономерности распространения различных типов вод в которых остались недостаточно изученными. Такие съемки намечаются и в районах, где интенсивно осваиваются подземные воды в целях переоценки их запасов и изучения влияния водоотбора на окружающую среду.



Резко увеличатся объемы комплексной геолого-гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:50 000 в районах мелиорации и по трассам каналов в связи с переброской части стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан. Общая площадь съемок составит 93,7 тыс. км<sup>2</sup> против 26 тыс. км<sup>2</sup> в текущей пятилетке.

*Контроль за охраной подземных вод от истощения и загрязнения.* Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание усилению охраны природы и улучшению природных ресурсов. В одиннадцатой пятилетке значительно возрастут объемы работ по контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения. В связи с интенсивным ростом промышленного производства и ограничеными поверхностными водными ресурсами усиление контроля за охраной подземных вод имеет государственное значение.

*Поиски предвестников землетрясений и изучение экзогенных процессов.* Проектом плана одиннадцатой пятилетки намечается увеличение объемов этих работ почти в пять раз. Предусматривается расширение наблюдательной сети в сейсмических районах Юго-Восточного Казахстана. Дополнительно намечается строительство семи полигонов (Кегень-Джаланаушский, Панфиловский, Меркенский, Манкентский, Джамбулский, Капал-Арасанский, Баканасский).

В связи с расширяющимся хозяйственным освоением горных районов республики планируется изучение оползней, обвалов, инженерно-геологических условий в зонах влияния крупных водохранилищ.

*Поисково-разведочные работы на минеральные и термальные воды.* Минеральные воды установлены почти во всех областях республики. Однако темпы поисковых и разведочных работ отстают от растущих потребностей в минеральных водах. Перспективы их использования определяются расширением сети бальнеологических санаториев (курортов), ростом числа местных бальнеолечебниц и увеличением розлива минеральных вод. Объем поисково-разведочных работ в связи с этим возрастет в одиннадцатой пятилетке в два раза по сравнению с десятой.

На территории республики широко распространены термальные воды, тепловые ресурсы которых могут использоваться для различных нужд народного хозяйства (теплоснабжение населенных пунктов, теплиц и т. д.). Однако, несмотря на перспективы использования энергии термальных вод, изучены они недостаточно. Работы, проведенные попутно при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений, носят общий характер и по ним невозможно достоверно оценить прогнозные запасы. В связи с этим в одиннадцатой пятилетке

впервые намечается проведение поисково-разведочных работ на термальные воды, результаты которых послужат для обоснованного перспективного и текущего планирования, освоения новых источников тепловой энергии. Одновременно намечаются поиски теплых вод (до 40°C) для нужд инкубационных цехов и рыбопитомников в Алма-Атинской, Кызыл-Ординской, Павлодарской и Чимкентской областях. Наряду с указанными видами работ в Казахстане намечается изучение глубокозалегающих водоносных горизонтов при проведении разведки на нефть и газ специализированной партией в составе объединения Казнефтегеология.

*Научно-исследовательские и тематические работы.* Значительный рост гидрогеологических работ, предусмотренных на одиннадцатую пятилетку, повышение их качества и эффективности требуют дальнейшего развития научно-исследовательских и тематических работ. В содружестве с научно-исследовательскими институтами АН КазССР и Мингео СССР будет продолжено обобщение материалов региональных исследований с целью выявления закономерностей формирования и распределения эксплуатационных запасов пресных, слабосоленых, минеральных, термальных и промышленных подземных вод. Намечается составление карты прогнозных эксплуатационных запасов подземных вод по отдельным областям, сводной карты минеральных, термальных и промышленных вод Казахстана, которые явятся научной основой для перспективного планирования поисково-разведочных и научно-исследовательских работ. Предусматривается изучение и анализ гидрогеологических материалов по эксплуатации крупных водозаборов с целью уточнения и сравнения основных расчетных параметров, по данным детальной разведки и эксплуатации. Будет продолжено изучение изотопного и газового состава подземных вод артезианских бассейнов Казахстана.

Для дальнейшего повышения эффективности разведочных гидрогеологических работ намечается внедрение современных методов моделирования на аналоговых и цифровых машинах.

Определение направлений поисково-разведочных работ на территории Сырдарьинского и Прииртышского артезианских бассейнов в дальнейшем возможно путем создания постоянно действующих моделей, которые позволят прогнозировать режим эксплуатации многочисленных взаимодействующих водозаборов и одиночных скважин в условиях многослойной напорной зоны.

Решение гидрогеологических задач, определенных на новую пятилетку, требует совместной творческой работы коллективов производственных и научных организаций.

*Ж. С. СЫДЫКОВ*

## **ДОСТИЖЕНИЯ И ЗАДАЧИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ**

Одной из наук, рожденных при Советской власти, является гидрогеохимия, возникшая в нашей стране полвека тому назад. Основателем ее стал выдающийся советский ученый академик В. И. Вернадский.

Большой вклад в становление и развитие гидрогеохимии внесли другие выдающиеся советские ученые-геохимики А. Е. Ферсман, А. П. Виноградов, Ф. П. Саваренский, А. А. Сауков, Н. Н. Славянов, В. А. Приклонский, А. М. Овчинников, А. Н. Бунеев, В. А. Сулин и др. Благодаря их работам гидрогеохимия как наука о процессах формирования химического состава подземных вод, закономерностях нахождения и миграции в них химических элементов, газов и органических веществ и об их связи с геологическими образованиями и месторождениями полезных ископаемых еще в довоенные годы поднялась на новую, высокую ступень.

В Казахстане еще в 30-е годы гидрогеохимические исследования проводились на нефтяных месторождениях Эмбы (В. А. Сулин, 1935 г.; Ф. А. Алексеев, 1940 г.) при изучении минеральных источников горных районов Юго-Восточного Казахстана (Ф. А. Макаренко, 1938 г. и др.). В начале 40-х годов отдельные сведения о локальном влиянии рудных месторождений на формирование химического состава рудничных вод были получены И. П. Новохатским и С. К. Калининим. Интересные данные о накоплении и миграции ряда рудных компонентов в подземных водах некоторых сульфидных месторождений Центрального Казахстана приводились в работах Ф. В. Чухрова (1947), Е. Е. Беляковой (1957) и Ю. Б. Бурельского (1957). Существенный вклад в познание происхождения химического состава подземных вод аридных районов и минеральных вод республики внесли работы У. М. Ахмедсафина «Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана» (1951) и Е. В. Посохова «Термальные источники Восточного Казахстана» (1947), а также «Очерки по гидрохимии подземных вод центральных районов Казахстана» (1960).

Значительные успехи, достигнутые в области гидрогеохимических исследований, привели к созданию в 1959 г. в составе Института геологических наук АН КазССР гидрогеохимической лаборатории. Этот факт был отмечен в «Вестнике АН СССР» (1959, № 11): «Новой лаборатории предстоит развернуть исследования, связанные с дальнейшей разработкой в условиях Казахстана общих основ гидрогеохимии... К числу важнейших направлений ее деятельности отнесены изучение закономерностей изменения химического состава подземных вод различных районов республики и наметка направлений для правильной постановки разведочных работ на воду; разработка классификации подземных вод по степени минерализации и химического состава... будут разрабатываться научные основы гидрохимических методов поисков полезных ископаемых... применительно к основным металлогеническим провинциям республики».

Используя научное наследие В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана и основываясь на теоретических положениях А. А. Бродского, А. М. Овчинникова, В. А. Сулина, А. И. Перельмана, П. А. Удодова, Е. Е. Беляковой и других гидрогеохимиков страны, ученые Казахстана начиная с 60-х годов выполнили большой объем исследований по разработке теории и методики гидрогеохимических поисков полезных ископаемых применительно к конкретным геологическим структурам Казахстана.

Е. Е. Беляковой, В. Г. Вампиловым, К. М. Давлетгалиевой, В. В. Дурневым, В. Н. Островским, Н. Д. Петровым, Ж. С. Сыдыковым, С. М. Шапиро и др. было выяснено распространение, обоснована геохимия главных типоморфных, редких и рассеянных элементов подземных вод, залегающих в различных геоструктурных и геолого-геохимических условиях, установлен характер их миграции и накопления, выявлены степень металлоносности и перспективная рудоносность горнорудных территорий Западного, Центрального, Южного и Восточного Казахстана.

Достижения в области прогноза рудных месторождений по гидрогеохимическим критериям сложной переходной зоны от Южного к Центральному Казахстану были обобщены в коллективной монографии «Чу-Илийский рудный пояс», опубликованной в 1979 г. В ней обоснованы методика гидрогеохимических исследований в засушливых условиях, впервые для этого региона установлены формы миграции и граничные концентрации элементов в фоновых и аномальных водах, установлены разнотипные гидрогеохимические ассоциации. На основе выделения гидрогеохимических аномалий и полей концентрации комплекса рудных микроэлементов с учетом ландшафтно-гео-

морфологических и геологических условий дана прогнозная оценка перспектив рудоносности региона.

Опираясь на полученные гидрогеохимические данные в различных линейно-вытянутых структурно-металлогенических поясах Казахстана (Уралтау-Мугоджарский, Улутауский, Тектурмас-Успенский, Чу-Илийский, Чингиз-Тарбагатайский, Рудно-Алтайский, Северо-Тянь-Шаньский и Джунгарский) и сопоставляя их с вещественным составом водовмещающих, возможно рудоносных пород, мы впервые в стране установили наличие определенной зональности в пространственном распределении основных рудогенных микроэлементов. Таким путем на территории отмеченных структурно-металлогенических поясов с учетом геолого-структурных, ландшафтных и гидрогеологических условий выделены семь основных гидрометаллогенных зон: сидерофильных, сидерофильно-халькофильных, сидерофильно-литофильных, сидерофильно-халько-литофильных, халькофильных, халько-литофильных и литофильных элементов в водоносных комплексах различных тектоно-магматических циклов.

Выделение зональности в распределении групп элементов в подземных водах различных рудных поясов позволяет целенаправленно вести исследования по установлению более узкого круга гидрогеохимических показателей и гидрогеохимических полей их развития, соответствующих определенным типам возможных рудных месторождений. В основу определения таких полей при среднемасштабных гидрогеохимических исследованиях положены гидрогеохимические ассоциации элементов, наиболее близко отражающие геохимическую природу сочетания элементов, совместно находящихся в избыточных количествах в возможных рудных телах или в сопровождающих их ореолах рассеянного рудного вещества. Принципы и методы выделения гидрогеохимических ассоциаций в условиях горноскладчатых областей Казахстана разработаны автором совместно с Е. Е. Беляковой и К. М. Давлетгалиевой (1974); было выделено 13 типов гидрогеохимических ассоциаций рудообразующих минералов.

Начиная с 1960 г. гидрогеохимические исследования специфической области нефтяной гидрогеологии систематически проводились сотрудниками Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР совместно со специалистами некоторых научных учреждений республики и Союза в Прикаспийской впадине, на Мангышлаке и Устюрте. В этих исследованиях принимали участие В. А. Бочкарева, И. Б. Дальян, Д. А. Джангирьянц, Л. М. Зорькин, В. Г. Козлов, В. Б. Колпаков, В. Н. Корценштейн, М. А. Мухамеджанов, М. А. Помарнацкий, В. И. Порядин, Л. В. Славянова, Е. В. Стадник, Ж. С. Сыды-

ков и др. В результате были установлены гидрогеохимические показатели поисков нефтегазовых месторождений и промышленных рассолов, которые описаны в ряде монографий. Выделение этих критериев позволило, в частности, оконтурить некоторые промышленные нефтяные и газовые месторождения восточного борта Прикаспийской впадины и Северо-Западного Приаралья и участвовать гидрогеохимикам в открытии ряда крупных месторождений.

В последние годы комплекс гидрогеохимических критериев прогноза нефтегазоносности территории дополнен гидротермическими показателями. Эти критерии обоснованы в книге «Гидрогеотермические условия Арало-Каспийского нефтегазоносного региона» (1977). В ней показана закономерная направленность изменения температур и химического состава пластовых вод по площади и с глубиной. Установлены участки локального отклонения тепловых и гидрогеохимических полей от регионального их распределения под влиянием нефтяных и нефтегазовых залежей. По характеру этих отклонений проведено районирование территории и дана оценка перспектив ее нефтегазоносности.

На основе использования достижений поисковых гидрогеохимических исследований и данных экспериментальных работ в институте сделан ряд важных обобщений по региональной и теоретической гидрогеохимии, которые опубликованы в многочисленных проблемных статьях, а в 1966—1979 гг. были составлены и опубликованы восемь монографий и тематических сборников по различным проблемам современной гидрогеохимической науки.

Первые гидрогеохимические карты Казахстана были составлены 10—15 лет назад под руководством И. К. Зайцева и Ж. С. Сыдыкова (масштаб 1:2 500 000 и 1:500 000). В них отражены качественный состав подземных вод, пространственное положение гидрогеохимических зон и поясов от поверхности земли до фундамента, содержание отдельных микроэлементов, имеющих генетическое и поисковое значение. На территории республики было обосновано наличие трех типов гидрогеохимической зональности: а) по степени минерализации подземных вод (в пределах Казахстана выделено четыре зоны: пресных и слабосоленых, средне- и сильносоленых, соленых и рассольных вод с рядом подзон); б) по химическому составу (также четыре зоны: преимущественно гидрокарбонатных, сульфатных, хлоридных и смешанных по анионному составу подземных вод с несколькими подзонами в каждой из них); в) по составу основных рудогенных микроэлементов подземных вод (в зависимости от их сочетания выделено семь гидрогеохимических зон).

В ряде работ были определены условия формирования основных генетических типов подземных вод. Разработан генезис подземных рассолов глубоких впадин с позиций теорий метаморфизма и фильтрационного эффекта. Рассмотрены вопросы формирования и развития подземной гидросферы, изменения химического состава глубинных вод в процессе образования и эволюции Земли с древнейших времен до наших дней. Соответствующими расчетами обоснована концепция, согласно которой первоисточниками Мирового океана были глубинные воды Земли, и в противовес существующим мнениям показано, что первичные океаны были более солеными, чем современные. На основании казахстанского гидрогеохимического материала нами обоснованы два генетических направления образования современных хлоридных вод нашей планеты: 1) нисходящее — воды образуются путем преобразования слабоминерализованных, преимущественно гидрокарбонатных вод по мере погружения в более глубокие слои Земли в результате растворения и выщелачивания водовмещающих пород и метаморфизации самих вод; 2) восходящее — путем преобразования состава первичных глубинных хлоридных кальциевых или кальциево-магниевых вод по мере подъема к дневной поверхности вследствие их разбавления поверхностными и атмосферными водами. Показано взаимодействие экзогенных и эндогенных процессов, определяющих устойчивость и изменчивость подземной гидросферы. В ходе геологического времени единство и борьба этих противоположностей составляют основу ее внутреннего развития.

В 1961 и 1964 гг. нами совместно с У. М. Ахмедсафиным внесены принципиальные поправки в известные химические формулы М. Г. Курлова и О. А. Алекина. Впервые в нашей стране выполнено крупное обобщение по систематизации гидрогеохимических данных и в 1974 г. опубликована книга «Гидрохимические классификации и графики». Установлены фтороносные провинции республики (Ж. С. Сыдыков, В. Г. Вампилов), сток взвешенных наносов на территории Казахстана (Ж. С. Сыдыков, М. И. Ковин, В. Г. Вампилов) и, пожалуй, впервые в нашей стране специфический химический состав транспирационных вод и их влияние на минеральное питание некоторых культурных растений (Ж. С. Сыдыков, П. Г. Гребенюков, В. Н. Иванов).

Учитывая глобальное значение атмосферных осадков в формировании водной массы и химического состава подземных вод, мы разработали рекомендацию по их сбору, хранению и анализу. Она уже внедрена и используется всеми гидрогеологическими экспедициями и партиями производственного объединения Казгидрогеология Мингео КазССР.

В настоящее время институтом совместно с объединением Казгидрогеология выполняются крупные исследования по оценке водно-солевого стока подземных вод больших территорий (Западный и Юго-Западный Казахстан) и подземного водно-солевого притока в Аральское море и оз. Балхаш; обосновывается прогноз их изменения в результате водохозяйственной деятельности человека.

Как показывает краткий обзор, достижения гидрогеохимиков республики существенны. Но задачи, стоящие перед нами, еще более значительны.

Согласно учению В. И. Вернадского, природные воды, особенно подземные, обладают высокой физической, химической и биологической активностью, вследствие чего они представляют собой подвижную многокомпонентную систему: вода — растворенное вещество — газ — живые организмы. В этой сложной системе в зависимости от нахождения подземных вод или подземных газо-жидких флюидов, начиная от приповерхностных слоев до глубинных зон земной коры, соотношения отмеченных компонентов постоянно изменяются от больших величин до весьма малых. Однако в настоящее время в гидрогеохимии и вообще в гидрогеологии все еще остаются неизученными в необходимом объеме состав и состояние всех четырех компонентов, в том числе воды ( $H_2O$ ) и ее изотопов. Мало изучены газовые и органические компоненты подземных вод, особенно глубинных и самых верхних (грунтовых и почвенных) горизонтов. Совсем не изучен состав растворенных в воде растворов и эмульсий минеральных жидкостей как верхних, так и глубинных слоев земли, а также коллоидных растворов и дисперсных систем твердых частиц. Отсутствие этих данных не дает возможности разработать более универсальную гидрогеохимическую классификацию, хотя одна из возможных классификаций такого типа была предложена еще в 30-х годах В. И. Вернадским. Предстоящие гидрогеохимические исследования должны охватить и эти вопросы.

Будут продолжены исследования по количественной оценке подземного гидрохимического стока, составлению гидрогеохимического баланса на территории республики в целом и в отдельных ее районах, а также прогнозированию изменения этого баланса на отдаленную перспективу в зависимости от хозяйственной деятельности человека и освоения все более новых и обширных площадей. Это послужит научной основой для оценки подземных вод (включая глубинные), пригодных для водоснабжения, орошения, обводнения, а также для использования в химической промышленности, бальнеологии, теплофикации и в энергетических целях. Требуется также разработать комплекс мероприятий по предотвращению дальней-



шего загрязнения подземных вод промышленным и ирригационным стоком и восстановлению их качества.

Перед нами стоят большие задачи по разработке научных основ наиболее рациональных и достоверных гидрогеохимических методов обнаружения различных генетических типов полезных ископаемых, слабоминерализованных, минеральных и термальных вод, а также высококонцентрированных промышленных рассолов на отдельных участках, представляющих собой как настоящие жидкие руды, так и рудные концентраты.

Для решения генетических гидрогеохимических вопросов и разработки наиболее рациональных поисковых гидрогеохимических методов необходимо усилить экспериментальные работы по установлению интенсивности выщелачивания и переноса водорастворимых компонентов из водовмещающих пород в пластовые воды и, наоборот, из водных растворов в пласты в зависимости от термодинамической обстановки недр и энергетических свойств этих растворов, по выяснению условий миграции и накопления отдельных химических элементов и форм их нахождения, а также природы образования и состава глубинных гидротермальных растворов. Особое внимание будет уделяться выявлению форм водной миграции и концентрации халькофильных элементов, которые являются более распространенными и характерными компонентами гидротермальных жил потенциально возможных рудных растворов. По результатам этих исследований может быть уточнено зональное распределение основных рудогенных элементов в разных структурно-металлогенических поясах Казахстана.

В комплексе гидрогеохимических исследований одно из важных мест должно занять изучение химического, газохимического и солевого состава глубинных вод, залегающих в условиях высоких температур и давления. В связи с этим необходимо создать такую обстановку в лабораторных условиях путем моделирования процессов, которые происходят в глубинных недрах. Организация экспериментальных исследований в сочетании с данными глубокого, сверхглубокого бурения и глубинной геофизики позволит установить генезис глубинных и вообще подземных вод, детально разработать физико-химическую теорию гидрогеологических и гидротермальных процессов и научные основы гидрогеохимических поисков разных генетических типов месторождений полезных ископаемых и самих подземных вод.

Следует отметить, что гидрогеологами и гидрогеохимиками еще не решен вопрос о составе жидких и газожидких растворов, первично образовавших Мировой океан. Сохранились ли эти первичные водные растворы где-нибудь в недрах Земли, а если сохранились (на наш взгляд, они, безусловно, сохрани-

лись), то каков был их состав, концентрация и состояние? Мы еще не имеем общего мнения даже по вопросу о генезисе таких высококонцентрированных (более 320 г/л), высокометаллоносных, высокотемпературных рассолов, которые сохранились в рифтовых зонах на дне некоторых глубоких впадин типа Красного моря. Не являются ли они реликтами тех первичных магматических растворов, которые образовали в древнейшее время первичные океаны. Не исключено, что специфического состава рассолы, обнаруженные на дне Красного моря, расположенного в зоне обширного Великоафриканского глубинного разлома, возможно, могут быть обнаружены и на дне отдельных углублений в целом пресноводного оз. Байкал, тоже образовавшегося в зоне глубинного разлома.

В настоящее время еще не установлен истинный состав высокотермальных вод вулканических извержений и магматических вод разломных зон. Поскольку эти воды обладают высокой температурой, то они в основной своей массе образовались, очевидно, на больших глубинах. Между тем, многие исследователи преобладающую часть этих терм относят к вадозным, инфильтрационно-атмосферным водам. Если это так, то как попала в глубокие слои Земли при существующих там громадных пластовых и гидростатических противодавлениях столь большая масса атмосферных вод, а если они были прихвачены при подъеме глубинных вод в приповерхностные слои Земли, то, с одной стороны, куда девались сами глубинные воды, и почему все же сохранились столь высокие температуры вулканических терм, если они в основном вадозные, — с другой. Не являются ли наблюдаемые нами на поверхности земли термы флюидами, образовавшимися уже вторично из газоконденсатов эндогенных гидротермальных растворов, освобожденных от многих первичных глубинных компонентов в более позднее время под действием окружающей водовмещающей среды и смешения с вадозными водами в верхних слоях земной коры. Если это так, то истинные или малоизмененные глубинные (эндогенные) воды могут быть обнаружены только на больших глубинах, ниже зоны интенсивного газовыделения, происходящего в результате резкого перепада давления. И вообще нельзя исключить возможность обнаружения в будущем новых, пока не известных нам гидрохимических типов вод в глубинных слоях земли.

Таким образом, перед гидрогеохимической наукой Казахстана, достигшей за годы Советской власти значительных успехов в области решения важных теоретических, методических и практических вопросов, стоит целый ряд новых актуальных задач, требующих неотложного решения, в том числе касающихся подземных вод, пригодных для использования в самых различных отраслях народного хозяйства.

*И. В. ГАРМОНОВ, Ф. А. МАКАРЕНКО*

## **РАЗВИТИЕ АРИДНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ КАЗАХСТАНА**

Гидрогеологические исследования в Казахстане впервые были начаты еще Отделом земельных улучшений. Позднее более обоснованные изыскания, чаще всего носившие маршрутный характер, осуществлялись экспедициями АН СССР, Геологическим комитетом при Совнаркоме СССР и геологическими управлениями. Однако полученные сведения были отрывочными, скудными, не было глубокого научного анализа и всесторонне обоснованных обобщений. В течение долгого времени недра Казахстана считались бедными пресной водой. На картах А. А. Козырева и Б. К. Терлецкого большая часть территории была показана как безводная или с распространением соленых подземных вод. Только с созданием в 1940 г. научного центра (сектора гидрогеологии) при Казахском филиале АН СССР были начаты всесторонние научные исследования по аридной гидрогеологии, в которых наряду с осуществлением систематических обширных регионально-гидрогеологических работ в пустынных и полупустынных районах большое внимание уделялось анализу, установлению закономерностей формирования, размещения артезианских и грунтовых вод, их прогнозированию, гидрогеологическому картированию, качественной и количественной оценке водных ресурсов недр. В результате ученые-гидрогеологи Казахстана, бесспорно, достигли больших успехов в развитии аридной гидрогеологии республики.

В итоге впервые были всесторонне изучены и освещены условия, характер залегания, пространственного распространения, движения грунтовых и напорных вод, гидродинамическая, гидрохимическая их зональность, выявлены закономерности в распределении глубин залегания, качества воды, накопления в них минеральных солей в казавшихся ранее малоперспективных районах. Определенные успехи достигнуты в изучении региональной динамики, режима подземных вод, гидрогеологических свойств водовмещающих комплексов пород, производительности водоносных горизонтов, научно обоснованном гидро-

геологическом районировании территории республики. Все эти исследования и установленные закономерности, раскрывающие большое разнообразие и сложность гидрогеологических условий безводных засушливых территорий, явились, с одной стороны, предпосылкой для перспективных поисков и выявления больших запасов доброкачественных подземных вод, а с другой — существенным достижением в развитии аридной гидрогеологии. Важным вкладом в аридную гидрогеологическую науку можно считать дальнейшую разработку проблемы формирования подземных вод аридных районов, которая впервые была поставлена академиком Ф. П. Саваренским. Если раньше этот стержневой вопрос трактовался в гидрогеологии в основном с гидрохимических позиций, то заслуга казахстанских ученых заключается в том, что они, рассматривая, развивая его комплексно, решили эту проблему для аридных районов с позиции формирования ресурсов подземных вод в целом. Вопреки существовавшим ранее конденсационной и ювенильной гипотезам происхождения подземных вод в пустынях, согласно которым образуются крайне ограниченные запасы вод локального характера часто в виде небольших линз, казахстанскими гидрогеологами в результате выявления основных областей и источников питания, которые большей частью располагаются в увлажненных горных районах, удалось доказать формирование регионального подземного стока и ресурсов подземных вод артезианского и грунтового типа за счет инфильтрации атмосферных осадков. Собираясь в течение многих тысячелетий в благоприятных структурно-геологических формациях, широко распространенных коллекторах мезозой-кайнозойского возраста, они способствовали образованию крупных, средних и мелких артезианских бассейнов предгорных, межгорных впадин и платформенных областей. Эти фундаментальные исследования, во многом изменившие представления о путях и масштабах формирования подземных вод в аридных зонах, открыли большие перспективы прогнозирования и выявления крупных запасов подземных вод в пустынных и полупустынных районах Казахстана и за его пределами. Они позволили установить многие десятки артезианских бассейнов площадью около 1,5 млн. км<sup>2</sup> с содержанием до 8 трлн. м<sup>3</sup> доброкачественных запасов подземных вод и ежегодным их возобновлением до 45 млрд. м<sup>3</sup>. В результате создания соответствующей классификации выполнена большая работа по оценке вековых, многолетних, ежегодно возобновляемых запасов подземных вод отдельных районов, областей, провинций, бассейнов и в целом по всей территории республики. Была научно обоснована оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод, складывающихся из части вековых, многолетних

и ежегодно возобновляемых запасов. Это позволило вместо ранее известных нескольких кубометров в секунду установить прогнозные региональные ресурсы в размере 1960 м<sup>3</sup>/с и экономически обосновать возможность широкого использования значительной их части в ближайшие 10—20 лет для поступательного развития экономики республики. Положительные результаты получены в Институте гидрогеологии и гидрофизики по изучению формирования, управления эксплуатационным режимом подземных вод на основе математического моделирования. Это позволило обеспечить устойчивое водоснабжение ряда крупных городов, в том числе столицы республики г. Алма-Аты, которая ежедневно извлекает сейчас из недр около 1 млн. м<sup>3</sup> высококачественной воды.

Многогранная работа проведена учеными по составлению комплекса оригинальных гидрогеологических карт аридных районов республики. Это стало возможным в результате выявления закономерностей формирования, гидрогеологического прогнозирования и разработки новых, прогрессивных методов картирования водных ресурсов недр. Впервые в республике и за ее пределами составлена уникальная карта прогноза артезианских бассейнов Казахстана (автор У. М. Ахмедсафин) с отображением всех важнейших параметров напорных вод, поэтажно залегающих водоносных горизонтов и оценкой вековых и многолетних запасов доброкачественных подземных вод по бассейнам. В результате стала возможной целенаправленная разведка подземных вод в широких масштабах и базирование на них водоснабжения многих отраслей народного хозяйства. Большим коллективом ученых института выполнены две крупные гидрогеологические карты республики с соответствующими монографиями, отображающие параметры подземных вод неглубокой циркуляции. Первая из них с монографией «Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана» (1964) опубликована в 1970 г. Она позволила оконтурить районы распространения доброкачественных грунтовых вод, занимающие более 2 млн. км<sup>2</sup> площади, и определить их запасы, достигающие 2,2 трлн. м<sup>3</sup>. Карта и монография используются водохозяйственными, сельскохозяйственными, планирующими организациями для обоснования водоснабжения различных отраслей за счет неглубоко залегающих водных источников.

Вторая специализированная карта с монографией «Гидрогеологические условия Казахстана» (1975) предназначена для обоснования переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию. На ней охарактеризованы гидрогеологические свойства пород, глубины залегания, минерализация,

химический состав подземных вод и перспективы их использования для водоснабжения населенных пунктов с учетом местных водных источников.

Коллективом гидрогеологов составлен комплекс карт подземного стока аридных зон Казахстана, позволяющих решать важные теоретические и практические задачи, связанные с научным обоснованием формирования подземного стока, определением ежегодно возобновляемых ресурсов для любого заданного района, величин их питания, взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Интересные карты выполнены по гидрогеохимии, термальным и минеральным водам, подземным водам пастбищных территорий. Они дают наглядное представление о минерализации и химическом составе подземных вод, распространенных в Казахстане, температурных, гидрофизических, бальнеологических свойствах заключенной в них тепловой энергии, перспективах использования для обводнения и освоения пустынных и полупустынных пастбищных территорий.

Большое научно-практическое значение имеют составленные впервые в Казахстане карты распределения запасов подземных вод с монографической запиской к ним «Территориальное распределение ресурсов подземных вод Казахстана» (1979) и региональных прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод Казахстана (1981). Важнейшими элементами первой карты являются удельные вековые, многолетние и ежегодно возобновляемые запасы артезианских и грунтовых вод, содержащиеся в каждом квадратном километре площади водоносного горизонта, условия их залегания, минерализация воды. На второй карте наряду с важнейшими гидрогеологическими параметрами отображены модули региональных эксплуатационных ресурсов доброкачественных подземных вод как при непрерывном их расхождении, так и реальные эксплуатационные ресурсы, содержащиеся в каждом квадратном километре площади, которые могут быть извлечены при рациональном их использовании в рабочие часы за сутки и вегетационные сезоны года. Исходя из концентрации запасов подземной воды на том или ином участке, следовательно, и водообеспеченности его, на карте показаны различные по размерам и типу групповые водозаборы, которые могут быть сооружены в ближайшем будущем. Эти карты намного расширяют наши представления о водных ресурсах недр и водообеспеченности конкретных территорий и будут служить научной основой для планирования и проектирования различных отраслей народного хозяйства в безводных районах республики.

В институте гидрогеологии и гидрофизики большое внимание уделяется прогнозированию изменений природно-гидро-

геологических условий в аридных районах под влиянием хозяйственной деятельности человека. С этой целью изучается подземный водный и солевой стоки в Аральское море, оз. Балхаш, их роль в водно-солевом балансе этих водоемов. В связи с обмелением рек, озер, ухудшением качества их вод в районах бессточных впадин устанавливается возможность использования артезианских вод для водоснабжения, обводнения и оазисного орошения. В целях обоснования переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию изучаются прогнозные изменения гидрогеологических условий при подпорах грунтовых вод, ожидаемые изменения минерализации и химического состава воды по трассе канала Сибирь — Средняя Азия и проектируемых на них водохранилищах. На орошаемых землях Южного Казахстана исследуются водно-солевой режим, баланс грунтовых вод, мелиоративно-гидрогеологические условия территории. Метод определения водно-солевого режима в пустынных климатических условиях послужил основой для улучшения мелиорации земель в низовьях рек Или, Каратала, в предгорьях Джунгарского Алатау и предупреждения засоления и заболачивания земель.

Наряду с успехами в аридной гидрогеологии гидрогеологам Казахстана следует обратить внимание на некоторые проблемы, представляющие важный научно-практический интерес. Имеется в виду, например, баланс подземных вод определенных, важных в экономическом отношении, районов и областей. Выяснение элементов баланса позволяет точнее судить об источниках питания и формирования различных типов и качества подземных вод, их расходовании в различных природно-гидрогеологических условиях.

В институте проводятся интересные исследования по общей и поисковой гидрогеохимии. Но наряду с этим следовало бы развивать биогидрохимию. Это направление перспективно для суждения о генезисе, качестве подземных вод и различных биогидрохимических процессах, происходящих в водоносных горизонтах. Для аридной и полуаридной зоны Казахстана, на наш взгляд, перспективной проблемой, подлежащей разработке, является искусственное восполнение запасов подземных вод. Особенно это важно для районов, в которых осадков выпадает крайне мало и из-за сложных природно-гидрогеологических условий естественное питание подземных вод происходит чрезвычайно медленно. В результате формируются очень ограниченные запасы грунтовых вод.

*Е. А. АИМБЕТОВ***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ**

Интенсивное развитие в Казахстане промышленности и сельского хозяйства, в том числе и орошаемого земледелия, рост городов и рабочих поселков требуют больших объемов воды. В тех областях республики, где мало или не хватает поверхностных водоисточников для орошения земель, в настоящее время перешли к использованию подземных вод. Сейчас более 37 крупных городов и промышленных центров, 40 районных центров, 1000 населенных пунктов с наименьшими затратами средств и времени обеспечиваются доброкачественными подземными водами, которые используются также для обводнения 97,5 млн. га пастбищ и 40 тыс. га орошаемых земель. Прогнозные эксплуатационные ресурсы в настоящее время составляют 1960 м<sup>3</sup>/с. Этого достаточно, чтобы оросить около 5 млн. га и обводнить 150 млн. га сельскохозяйственных угодий, не считая коммунально-промышленного водоснабжения. По данным производственно-геологического объединения Казгидрогеология, разведанные и утвержденные для орошения запасы подземных вод по промышленным категориям А+В составляют 160 м<sup>3</sup>/с и могут обводнить 650 тыс. га.

Выступая на совещании партийно-хозяйственного актива Казахстана в г. Алма-Ате 3 сентября 1976 г. Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР товарищ Л. И. Брежнев отметил, что подземные воды являются большим резервом орошения и обводнения пастбищ и указал, что «от слов о больших возможностях использования подземных вод настало, видимо, время переходить к делу, разработать реальную целевую программу, поставить решение этой важнейшей проблемы на хорошую практическую основу» (Казахстанская правда, 1976 г., 4 сентября).

Правильность политики партии, взявшей курс на мелиорацию как средство интенсификации сельскохозяйственного производства, как путь быстрее решения проблемы увеличения кормов для животноводства, наглядно показывают результаты работы колхозов им. 30 лет Казахской ССР Успенского



района Павлодарской области и «40 лет Октября» Панфиловского района Талды-Курганской области, где производство кормов возросло более чем в 3 раза, мяса — в 2,2 раза, молока — более чем в 1,5 раза по сравнению с 1975 г.

В Казахской ССР в 1975 г. подземными водами орошались 133 участка общей площадью 9,8 тыс. га, для чего использовались 377 скважин, из них 59 самоизливающихся. По существу, в 1975 г. орошение земель в республике находилось только в начальной стадии развития и практического значения в производстве сельскохозяйственной продукции не имело. Участки использовались в основном для выращивания овощей, картофеля, плодовых насаждений. Эксплуатацией скважин занимались сами хозяйства, не имеющие опыта по эксплуатации водозаборов. Большинство скважин не работало и требовало текущего и капитального ремонта.

ЦК КП Казахстана и Совет Министров КазССР, учитывая важность задачи, приняли постановление «Об орошении земель подземными водами» с организацией Главного управления по строительству и эксплуатации оросительных систем на базе использования подземных вод (Казглавподземвод в составе Минводхоза Казахской ССР) с шестью управлениями: в Алма-Атинской области — Карадалинское; в Джамбулской — Меркенское; в Карагандинской — Жарлинское; в Павлодарской — Иртышское; в Талды-Курганской — Аксуйское; в Чимкентской — Сузакское. Кроме указанных управлений в состав Казглавподземвода также вошло ранее организованное Алма-Атинское управление.

На массивах орошения созданы производственные участки по эксплуатации головных водозаборных сооружений. Техническое обслуживание и текущий ремонт сооружений проводятся силами линейного персонала, капитальный ремонт — ремонтными бригадами, оснащенными специальной техникой.

В настоящее время в Казглавподземводе имеется более 350 человек линейного персонала и 10 ремонтных бригад численностью более 60 человек, силами которых обслуживаются 530 скважин на площади 20 тыс. га.

На начало 1981 г. в республике имелось около 40 тыс. га земель, орошаемых за счет подземных вод, в том числе в зоне обслуживания областных управлений Казглавподземвода 37 тыс. га, которые в настоящее время не имеют заверщенного комплекса освоения как по массивам, так и по отдельным участкам орошения: отсутствует система автоматизации обслуживания скважин, нет телемеханизации, не определены режимы работы большинства групповых и одиночных скважин, не подтверждаются при эксплуатации проектные дебиты воды; способы орошения не отработаны; отсутствует набор сооруже-

ний от устья скважин до полей орошения и взаимосвязь скважин и поливной техники, т. е. нет законченного автоматического цикла использования участков или массивов орошения. Кроме того, строительство инженерных сооружений ведется крайне неудовлетворительно. Так, в Чимкентской области, в Сузакском районе, на объектах совхоза им. Калинина на площади 319 га и совхоза «Сузакский» на площади 721 га из 38 скважин 12 оказались нерабочими из-за пескования и малодобитности. Таким образом, на этих площадях недополучено 300 л/с воды для полива 350 га сельхозкультур при полном использовании затрат, предусмотренных проектом.

В Алма-Атинской области, Эмбекши-Казахском районе, на объекте Джанашарского учебно-опытного хозяйства вокруг устья скважин образуются провалы (воронки) из-за поступления подземных вод на поверхность по затрубному пространству. При таких условиях эксплуатация скважин невозможна. В Уйгурском районе Алма-Атинской области на объекте колхоза «Октябрь» из 13 скважин 3 оказались с дебитом, меньшим проектного, тем самым не все дождевальные установки могут быть включены в работу.

Многие скважины на Карагандинском массиве орошения пескуются, т. е. для данного района еще не отработаны оптимальные типы фильтров для каждого конкретного водоносного горизонта или комплекса.

Из имеющихся головных водозаборов для орошения подземными водами ни один не имеет, как уже отмечалось, автоматизированного управления, поэтому Казглавподземвод считает автоматизацию работы скважин своей важнейшей задачей.

Серьезной проблемой в настоящее время является отсутствие производственных баз и, особенно, мастерских по ремонту электропогружных насосов. Для нормальной эксплуатации скважин во время проведения полива и бесперебойной подачи воды на орошаемые участки необходимо иметь аварийный запас электропогружных насосов.

В соответствии с «Положением о порядке использования и охраны подземных вод на территории СССР» на водозаборах подземных вод в течение всего периода эксплуатации должны проводиться режимные наблюдения за уровнями, температурой, химическим составом подземных вод и дебитом скважин, целью которых является выявление характера изменения естественного режима подземных вод под влиянием водоотбора, определение оптимального режима эксплуатации водозабора и т. д. Эта работа не проводится, так как на существующих скважинах отсутствуют пьезометры для замера уровня воды и оголовки большинства скважин не приспособлены

для проведения режимных наблюдений. В проектах не предусматривается бурение скважин по проведению режимных наблюдений на массивах орошения.

Небольшое количество специальной техники затрудняет своевременный ремонт и обслуживание имеющихся скважин на массивах орошения.

За последние 3—5 лет произошли большие сдвиги в использовании подземных вод для орошения. Если в 1976 г. в республике орошалось 9,8 тыс. га, то в 1980 г. — до 50 тыс. га. Разведанные и утвержденные запасы в границах месторождений определены в настоящее время в размере 160 м<sup>3</sup>/с.

Большие трудности испытывают областные организации в специальной технической литературе, справочниках и рекомендациях по техническому обслуживанию сооружений на массивах орошения.

Только тесное деловое содружество разведчиков подземных вод, проектировщиков, строителей, эксплуатационников, а также ученых обеспечит выполнение важной и большой задачи по дальнейшему развитию орошаемых земель и улучшению эксплуатации мелиоративных систем в нашей республике.

*А. К. ДЖАКЕЛОВ, С. Ю. ЛИТВИНЕНКО, Ж. С. СЫДЫКОВ*

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Достоверные и максимально полные сведения о вещественном составе подземных вод являются одним из основных источников информации при решении ряда важных гидрогеологических проблем, к числу которых относятся установление закономерностей формирования гидрохимических типов подземных вод и направление их поисков для водоснабжения и орошения земель; выяснение процессов литогенеза и подземной химической эрозии горных пород; выявление месторождений минеральных, термальных и промышленных вод; обоснование гидрохимических критериев поисков рудных, нефтегазоносных залежей и гидрогеолого-сейсмологических предвестников землетрясений; прогнозирование направления гидрогеологических процессов, связанных с антропогенными изменениями окружающей среды.

Современный уровень аналитической химии позволяет обнаружить в подземных водах более 80 элементов периодической системы Д. И. Менделеева, несколько групп органических веществ, основные и сопутствующие газы, а также большую группу изотопов — компонентов как самой воды, так и растворенных в ней элементов. Этот перечень не исключает возможности обнаружения в подземных водах комплексов соединений различного состава, космогенных изотопов, биохимически активных бактерий. По данным Г. М. Варшал [1], в природных водах содержатся десятки тысяч веществ, присутствие большинства из которых уже доказано. Другой особенностью вещественного состава подземных вод является широкий диапазон содержаний присутствующих компонентов, охватывающий 14 порядков концентраций — от  $10^{-11}$  г/л (рений, иридий) до  $10^2$  г/л (натрий, хлориды, сульфаты), что обуславливает применение разноцелевых методов анализа.

В аналитической химии природных вод наиболее распространены являются гравиметрические, титриметрические, спектральные, колориметрические, электрохимические, люминесцентные, кинетические, радиохимические методы.

Гравиметрические и титриметрические методы применяются главным образом при определении содержания основных аниогенных и катиогенных составляющих вещественого состава подземных вод [5]. При изучении микрокомпонентного состава природных вод большое значение приобретают физико-химические и физические методы анализа.

Спектральные эмиссионные методы анализа широко применяются при гидрогеохимических поисках рудных месторождений. Необходимость определения минимума концентраций элементов привела к развитию комбинированного спектрохимического метода анализа. В практике лабораторных работ используется много вариантов концентрирования элементов: выпаривание воды до сухого остатка, соосаждение, хроматографическое обогащение и др. Чувствительность спектрохимического анализа достигает  $10^{-5}$ — $10^{-3}$  мг/л [3].

Атомно-абсорбционная спектрофотометрия (ААС) позволяет определять в настоящее время около 30 элементов, в том числе 16 нормируемых для питьевой воды: медь, кадмий, стронций, барий, ртуть, цинк, свинец, мышьяк, сурьма, ванадий, селен, хром, молибден, железо, кобальт, никель. Методы ААС экспрессны, требуют малого количества воды, результаты анализа не зависят от формы нахождения элемента в воде. Однако они еще слабо отработаны для многокомпонентных, сложных систем водных растворов и имеют недостаточную чувствительность определения многих элементов (от  $10^{-1}$  мг/л до целых единиц).

Колориметрические и фотоколориметрические методы дают возможность проводить анализ широкого круга элементов подземных вод с чувствительностью  $10^{-4}$ — $10^{-3}$  мг/л. В лабораторной практике они применяются при определении меди, цинка, свинца, молибдена, марганца, железа, алюминия, серебра, фтора, мышьяка и нитратов в питьевых водах, анализируемых по ГОСТу 2874—73 [2]. Правильность анализа зависит от форм нахождения анализируемых элементов, способов их концентрирования.

Спектрофотометрия пламени частично заменила трудоемкие методы, используемые ранее при определении натрия, калия, рубидия, цезия, стронция, бария и др. Чувствительность ( $10^{-3}$ — $10^{-2}$  мг/л) и точность метода достаточно высоки. Результаты определения не зависят от форм нахождения элементов в воде. К сожалению, методы пламенной фотометрии пока ограничиваются определением незначительного числа компонентов вещественного состава подземных вод. Необходимо также повысить чувствительность анализов на барий, стронций и др., разработать надежные методы определения щелочных металлов в сильноминерализованных водах.

Люминесцентные (флуориметрические) методы анализа применяются в гидрохимической практике при определении галлия, индия, селена и других элементов с чувствительностью  $10^{-4}$ — $10^{-3}$  мг/л. Точность метода снижается из-за недостаточной селективности применяемых реактивов, гашения люминесценции некоторыми сопутствующими компонентами. Необходимы разработки, направленные на повышение достоверности результатов анализа при определении селена в водах сложного состава.

Ионометрия как одно из направлений электрохимического анализа находит в последние годы значительное распространение и развитие при исследовании многокомпонентных водных систем. Ионоселективные электроды (ИСЭ) разработаны более чем для 20 ионокомпонентов подземных вод (аммоний, кадмий, калий, кальций, магний, медь, свинец, серебро, сульфаты, сульфиды, бромиды, йодиды и др.). Анализы на ИСЭ отличаются экспрессностью и требуют минимального объема воды. Результаты инструментально объективны для вод, исключая колориметрические методы (окрашенные, мутные). Чувствительность и точность определения главных солеобразующих компонентов (натрий, калий, кальций, магний, хлориды) соизмеримы с данными, полученными унифицированными методами. Компактность установок ИСЭ позволяет монтировать их непосредственно у водисточника, что дает возможность с их помощью вести постоянные оперативные наблюдения за динамикой содержания некоторых компонентов (хлориды, фториды) при оценке возможных предвестников землетрясений в сейсмоактивных районах. Ионоселективные электроды находят применение и при контроле качества питьевых вод на водозаборах. Для более широкого внедрения ИСЭ необходимы дополнительные исследования, направленные на устранение взаимовлияния близких по свойствам ионов и затруднений при определении элементов, находящихся в форме комплексных ионов или органических производных.

Кинетические методы анализа, основанные на зависимости скорости некоторых химических реакций от концентрации реагирующих веществ, как наиболее чувствительные (до  $10^{-7}$  мг/л), применяют в лабораторной практике при гидрогеохимических поисках рудных месторождений. С помощью каталитических реакций определяют ультрамикроразличия ванадия, золота, йода, кобальта, марганца, селена, серебра и др. Затруднения в выборе условий количественного проведения каталитических реакций для различных типов подземных вод определяют необходимость дальнейшего углубления методических исследований.

Используя названные методы анализа, центральная лаборатория объединения Казгидрогеология к началу десятой пятилетки определяла около 70 компонентов вещественного состава подземных вод, что позволяло в основном оценивать качество подземных вод и решать ряд гидрогеологических и геохимических задач.

Вместе с тем необходимость решения многих аспектов сложных проблем формирования вод, прогнозирования направленности гидрогеохимических процессов, оценки минеральных, промышленных и термальных вод потребовали дальнейшего развития и углубления лабораторных работ. В 1976—1980 гг. химико-аналитические исследования вещественного состава подземных вод получили некоторые качественно новые направления, продиктованные многоцелевыми гидрогеологическими работами, проводимыми в Казахстане научными и производственными организациями.

В центральной лаборатории объединения Казгидрогеология в 1979—1980 гг. разработаны и освоены хроматографические методы анализа спонтанных и растворенных газов природных вод: водорода, кислорода, азота, диоксида и оксида углерода, аргона, гелия, сероводорода, газообразных углеводородов ряда метана и этилена — всего 19 компонентов газового состава. Чувствительность определения составляет  $10^{-5}$ — $10^{-2}$  объемных процентов. Полный газовый анализ позволяет решать ряд теоретических и практических задач при обосновании условий формирования состава подземных вод, поисках нефтегазовых залежей, бальнеологической оценке минеральных вод. Высокая чувствительность ( $10^{-5}\%$ ) хроматографического анализа на метан и гелий дает возможность расширить исследования, связанные с выявлением возможных предвестников землетрясений.

Анализ органических соединений является одним из новых направлений изучения состава и свойств природных вод. Растворенные органические вещества (РОВ) представлены в подземных водах соединениями с диапазоном молекулярных масс от сотен до десятков тысяч единиц. Присутствие в водных растворах органических кислот в значительной мере изменяет ионно-солевое равновесие минеральных составляющих. Так, в водах, содержащих фульвокислоты, 80—90% активных элементов-комплексообразователей (железо, алюминий, медь, цинк, свинец, кобальт, никель и др.) находятся в устойчивой форме солей органических кислот и не дают реакций, характерных для простых ионов этих элементов [4]. Изучение органических ассоциатов помогает решать некоторые проблемы миграции элементов в процессе массопереноса при формировании состава подземных вод. Трудности исследования РОВ

связаны с их многообразием, неустойчивостью и, как правило, незначительными концентрациями. Вместе с тем гидрогеохимия органических веществ как самостоятельное направление при изучении вещественного состава природных вод находится в настоящее время на стадии становления, и лабораторные исследования РОВ будут значительно расширены и углублены.

Активное участие аэробных и анаэробных бактерий в окислительно-восстановительных процессах приводит иногда к существенному изменению состава подземных вод (восстановление сульфатов до сероводорода, нитратов до азота, оксидного углерода до метана). Гидробионты (дафнии и др.) находят применение при биотестировании качества питьевых вод. Механизм биохимических процессов, приводящих к изменению ионного и газового состава подземных вод, а также возможности биотестирования изучены пока недостаточно и требуют постановки специальных исследований.

Изотопная гидрогеохимия — одно из перспективных направлений, позволяющих решать различные гидрогеологические и смежные задачи оценки условий формирования подземных вод, установления взаимосвязи водоносных горизонтов, изучения процессов массопереноса, датирования возраста подземных вод, выявления возможных предвестников землетрясений, бальнеологической оценки минеральных вод и др. По содержанию и соотношению стабильных изотопов водорода (дейтерия) и радиооксигена ( $^{18}\text{O}$ ) определяют источники формирования вещественного состава подземных вод. Метаморфизованные морские воды, например, содержат больше  $^2\text{H}$  и  $^{18}\text{O}$ , чем воды континентального засоления. Соотношение изотопов урана дает возможность судить о принадлежности воды к поверхностному стоку или глубоким горизонтам тектонических разломов. Для определения возраста подземных вод зон активного водообмена применяют тритиевый метод. Радиоуглерод ( $^{14}\text{C}$ ) позволяет датировать воды возрастом до 30 тыс. лет, а изотоп кремния ( $^{32}\text{Si}$ ) — до 3 тыс. лет. В периоды, предшествующие землетрясениям, наблюдается увеличение значений соотношения  $^{234}\text{U} \cdot ^{238}\text{U}$  и резкое изменение содержания радона. Естественные радиоактивные элементы (радий, радон, торий, уран) характеризуют бальнеологическую ценность минеральных вод. Радиохимические методы анализа являются одним из новых направлений лабораторной практики. Они получают в одиннадцатой пятилетке дальнейшее развитие.

Большой практический интерес представляют радиоактивные методы определения в подземных водах золота, рубидия, мышьяка, кобальта; брома, сурьмы, ртути хрома,



элементов группы редких земель (РЗЭ). Чувствительность составляет  $10^{-7}$ — $10^{-3}$  мг/л. При проведении ядерной реакции в достаточно мощном реакторе точность определения не зависит от форм нахождения элементов в подземных водах.

Т а б л и ц а. Определяемые и планируемые к определению компоненты вещественного состава подземных вод

Определяемые компоненты	Компоненты вещественного состава воды		
	определяемые до 1976 г.	освоенные в 1976—1980 гг.	в плане работ на 1981—1985 гг.
Главные ионы	Na, K, Ca, Mg, NH <sub>4</sub> , Fe, SO <sub>4</sub> , Cl, HCO <sub>3</sub> , CO <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> .		Na, K в рассолах
Редкие щелочные и щелочноземельные элементы	Li, Rb, Cs, Be, Ra	Sr, Ba	
Галогены	F, Cl, Br, J	F, Cl на ИСЭ	Hg, Cr, B
Микрокомпоненты: питьевых вод	As, NO <sub>3</sub> , Pb, F, U, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, Ra	Be, Se, Sr, Ra, <sup>90</sup> Sr	
минеральных вод	Нет	Li, Be, B, F, Al, Si, P, H <sub>2</sub> S, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, Br, Sr, Mo, Ag, Cd, I, Hg, Pb, Bi, Ra	Th, Rn, Ra
гидрогеохимические	Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Cd, W, Au, Hg, Pb, U, As	Be, Ba, Se, Si	Sc, Ga, Ge, Zr, Nb, In, Sn, Te, Ta, Bi, РЗЭ, Sb
Газовый состав	Нет	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, He, Ar, Rn, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , i C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , n C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> , i C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> , n C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Ne, Kr, Xe, NH <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> , HCl, HF, H <sub>2</sub> S
Растворенные органические вещества	Фенолы, нафтен-вые кислоты	C <sub>орг</sub> , нефтепродукты, пестициды	CCE, N <sub>орг</sub> , P <sub>орг</sub> группы органических веществ, фульвокислоты
Изотопы	Нет	<sup>90</sup> Sr, <sup>226</sup> Ra	<sup>220</sup> Th, <sup>222</sup> Rn, <sup>2</sup> H, <sup>40</sup> Ar, <sup>14</sup> C, <sup>18</sup> O

Гидрогеологическая наука и практика решают многочисленные и разноцелевые задачи, которые обуславливают дальнейшее развитие лабораторных исследований подземных вод (см. табл.). В этой связи совместными усилиями Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР и объединения Каз-

гидрогеология в одиннадцатой пятилетке будут организованы новые лаборатории по расширению и углублению изучения вещественного состава подземных вод Казахстана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Варшал Г. М. О состоянии минеральных компонентов в поверхностных водах. — В кн.: Проблемы аналитической химии, 1977, т. V.
2. Вода питьевая. Методы анализа. М., 1976.
3. Гусяцкая Э. В. Руководство по спектральному определению микрокомпонентов в маломинерализованных природных водах. М., 1956.
4. Крайнов С. Р., Швец В. М. Основы геохимии подземных вод. М., 1980.
5. Унифицированные методы исследования качества вод. М., 1977.

С. М. ШАПИРО

## СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ

Под экспериментом в геологии и гидрогеологии понимается воспроизведение сущности природных явлений в лабораторных научно-контролируемых условиях. Долгое время экспериментальное направление в геологических исследованиях развивалось слабо из-за трудности правильной оценки и воспроизведения геологических процессов. Только после создания лабораторной техники (XVIII, XIX вв.) стали развиваться различные направления экспериментальной геологии, особенно на стыке геологии и гидрологии суши, что диктовалось интенсивной хозяйственной деятельностью человека в области подземной гидросферы. Некоторые основные научные положения в гидрогеологии были установлены экспериментальным путем учеными еще в конце XVIII в. Основные экспериментальные работы принадлежат французским ученым Пьерро и Мариотту и англичанину Галлею. Они впервые доказали, что речной и родниковый стоки обеспечиваются выпадающими осадками, что в природе существует круговорот воды и что воды, испаряющиеся с поверхности океанов, дождем вновь выпадают на поверхность земли. Для доказательства своих гипотез они первыми прибегли к количественным измерениям и в этом их величайшая заслуга перед гидрогеологической наукой.

Потребовалось около 150 лет экспериментов, чтобы были открыты законы соотношения количества воды и скорости потока, проходящего через любое отверстие. Крупными экспериментаторами XIX в. были Дарси, Тим, Форхгеймер, Сликхтер, Ломоносов и др. Большая заслуга, например Тима, состоит в том, что он уделял очень много внимания методике проведения экспериментов и стремился согласовать теоретические данные с полевыми наблюдениями. Форхгеймер первым применил при исследовании грунтовых вод математический аппарат для определения соотношений эквипотенциалей поверхности и линий тока (гидродинамическую сетку) и уравнение Лапласа для изучения движения подземных вод.

Уже в XIX в. намечается четкая тенденция совмещения физического и натурального экспериментов с математическим моделированием. Главным достижением этого периода был прочно утвердившийся принцип экспериментальных исследований, имевших целью разработать теоретические положения и выявить их эмпирические связи.

Таким образом, основные направления современной экспериментальной гидрогеологии, по существу, были сформулированы еще в XIX в. Это и соответствовало общей философской формулировке построения научного познания: «...От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности» (В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, с. 152—153).

Однако количественные исследования сложных природных процессов уверенно развиваются лишь в последнее десятилетие, когда появились надежные методы ведения опытных работ, особенно полевых режимных наблюдений и экспериментов, теоретически обоснованные и технически оснащенные современными измерительными приборами и устройствами. Общее направление развития количественных методов гидрогеологических исследований в значительной мере проявляется в изучении гидродинамики, фильтрации подземных вод. Для этих исследований характерно увеличение масштабы процессов в пространстве и во времени, и поэтому гидродинамика должна рассматриваться в региональных аспектах с учетом реальных условий формирования подземных вод, включая все многообразные факторы питания, разгрузки и внутреннего строения потока подземных вод. Это обстоятельство наряду с возрастающими требованиями к повышению качества исследований и получения достоверного исходного материала определяет дальнейшее развитие экспериментальной гидрогеологии в целом и отдельных ее направлений, в том числе математического моделирования.

Большинство исследований современной гидрогеологии основано на многолетних наблюдениях с помощью гидрогеологических станций и постов, на которых базируются инженерные расчеты и прогнозы. Современное оборудование станций различного рода лизиметрами, балансометрами, оснащенными танзиометрами, манометрами, пьезометрами, термометрами, датчиками, мигрометрами, геофизическими и другими часто автоматизированными приборами позволяет производить очень точные и тонкие измерения сложных процессов влаги и теплопереноса, оценить влияние на них многих природных процессов и условий: метеорологических, гидрологических, агротехнических, биологических, геолого-морфологических и др.

К экспериментальным полевым исследованиям можно отнести также опытные, поисково-разведочные работы при оценке запасов подземных вод, так как они лишь в какой-то мере воспроизводят (моделируют) эксплуатационный режим в отдельных точках месторождения. Сравнение разведочных данных с эксплуатационными имеет экспериментальный характер и показывает степень совпадения модели с натурой.

Неотъемлемой частью опытно-полевых экспериментальных исследований являются лабораторные работы по определению различных гидрогеологических параметров и физическому моделированию отдельных природных процессов. В настоящее время хорошо разработан гидродинамический эксперимент, что диктуется интенсивной хозяйственной деятельностью человека в области гидросферы. Он построен на том, что характеристические уравнения движения жидкости (закон Дарси) и движение тока в проводнике (закон Ома) выражают одни и те же принципы сохранения массы, энергии, моментов тепла, электричества, лежащих в основе многих физических явлений, поэтому проведение аналогий возможно безотносительно к точным математическим формулировкам, что особенно ценно в случае, когда математические выражения чрезмерно сложны или же вообще неизвестны. Наиболее полно метод аналогий реализуется при математическом моделировании. Метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) — сегодня один из самых распространенных, решающая роль в его развитии принадлежит выдающемуся советскому ученому Н. Н. Павловскому, впервые применившему его к решению задач фильтрации под гидротехническими сооружениями. Сейчас он применяется и для решения других фильтрационных задач.

Сложные краевые и фильтрационные задачи, описываемые уравнениями математической физики: уравнениями Лапласа, Пуассона (для потока, получающего дополнительное питание), уравнением диффузии, описывающим поток в анизотропных пластах, и уравнением для пластов с перетеканием, в СССР и за рубежом решаются с помощью специализированных аналоговых, гибридных и универсальных цифровых машин. В настоящее время широкое распространение получило аналоговое моделирование, реализуемое на математически подобных сплошных и сеточных моделях с использованием метода конечных разностей. Применение ЭЦВМ связано с большим абстрагированием математической моделью природной обстановки, однако в силу методологической общности аналогового моделирования и фильтрационных расчетов, проводимых на ЭЦВМ при детерминированной постановке задачи, они могут относиться к численному, цифровому моделированию.

Количественные исследования являются законченными,

если можно прогнозировать их изменения под воздействием хозяйственной деятельности человека. Для оценки изменений весьма эффективным, а иногда и единственным средством является математическое моделирование. При моделировании природных процессов, являющемся одним из важных научных методов познания, выделяются следующие основные этапы:

- 1) качественный анализ естественных условий, включая выяснение их принципиальных особенностей;
- 2) количественное изображение естественных условий в виде абстрактных схем;
- 3) решение поставленных задач;
- 4) реализация полученных результатов на практике с анализом их эффективности.

Располагая таким мощным арсеналом средств, современная экспериментальная гидрогеология достигла значительных успехов. Большой вклад в ее развитие внесли А. В. Лебедев, Л. С. Язвин, В. М. Шестаков, И. Е. Жернов, У. М. Ахмедсафин, Б. В. Боровский, И. К. Гавич, И. В. Крашин, А. Б. Ситников, А. Е. Бабинец, С. М. Шапиро, Н. Н. Веригин, Ф. Б. Абуталиев, У. Умаров, Ж. С. Сыдыков и др.

Достижения в этой области весьма значительные, поэтому даже простое перечисление их в одной статье не представляется возможным. Рассмотрим результаты некоторых работ, выполненных в самые последние годы.

Так, в институте ВСЕГИНГЕО проведены экспериментальные опытно-полевые и лабораторные работы по изучению параметров слабопроницаемых пород в связи с изучением закономерностей формирования эксплуатационных запасов подземных вод. В результате исследования фильтрационных свойств слабопроницаемых отложений на конкретных участках ряда месторождений подземных вод установлено, что фильтрационные и емкостные свойства этих пород определяют не только интенсивность процессов перетекания подземных вод в многослойных средах, т. е. взаимодействие водоносных горизонтов, но и возможность формирования запасов вследствие упругого отжатия. Выявлено, что в большинстве случаев процесс перетекания существенно проявляется при коэффициенте фильтрации слабопроницаемых пород не менее  $10^{-3}$  м/сут. Более того, для водоносного горизонта с перетеканием в упругом режиме в разделяющей толще водоотдача менялась (чаще увеличивалась) дискретно во времени и в плане более чем на порядок по логарифмическому закону.

Крупные экспериментальные исследования проводятся на Украине, где созданы оборудованные современными приборами, лабораториями и электронно-вычислительными машинами 19 опорных режимных станций в различных ландшафтно-кли-

матических зонах. В результате многолетних исследований были изучены сложные процессы, происходящие в зоне аэрации при ненасыщенном и насыщенном состоянии, раскрывающие до некоторой степени механизм влагопереноса, питания и разгрузки подземных вод. Интересными представляются положения, что влагоперенос в зоне аэрации обеспечивается всасывающим давлением с отрицательным знаком, величина которого меньше атмосферного на порядок и более. Наибольшие значения всасывающего давления отмечаются в аридной зоне (опыты проводились в Узбекской ССР в Голодной степи). Здесь зона аэрации работает как губка и способна забирать влагу даже из иссушенного воздуха. Доказывается, что питание подземных вод возможно через суглинистую зону аэрации мощностью более 25 м. Эти и ряд других положений значительно расширили и дополнили знания по вопросам динамики влагопереноса в зоне аэрации и грунтовых вод.

Результаты наблюдений опорных режимных станций послужили основой для создания постоянно действующей модели района Крымского канала для прогнозирования гидрогеологических условий в связи с интенсивными гидромелиоративными работами и орошением значительных площадей засушливого Степного Крыма.

Планомерные экспериментальные гидрогеологические исследования с применением современных методов и ЭВМ в Казахстане начались после создания в 1967 г. лаборатории экспериментальной гидрогеологии в Институте гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР, хотя опытно-экспериментальные работы проводились академиком У. М. Ахмедсафиним еще в сороковые годы при исследовании песчаных пустынь Южного Казахстана.

В настоящее время лаборатория оснащена современными аналоговыми вычислительными машинами, приборами по определению водно-физических свойств грунтов, использует для своих работ быстродействующую вычислительную технику — ЭЦВМ. Подготовлены высококвалифицированные кадры, способные проводить исследования сложных гидрогеологических процессов. На основе аналогового моделирования (АВМ) выполнены большие работы в связи с гидрогеологическими прогнозами в зоне создания крупного Капчагайского водохранилища, позволившие выявить развитие подпора грунтовых вод в зоне влияния водохранилища в пространстве и во времени, выделить районы критических глубин залегания грунтовых вод и очертить зоны затопления и подтопления, что позволило планирующим организациям разработать необходимый комплекс мероприятий с целью избежать или уменьшить отрицательные последствия. Большие и сложные экспериментальные

работы с применением математического моделирования на АВМ выполнены институтом по изучению и прогнозу подземного водно-солевого стока в оз. Балхаш. Было установлено, что естественные ресурсы подземных вод концентрируются в региональных подземных потоках, которые приурочиваются к участкам с повышенной водопроницаемостью пород, характеризуются определенными параметрами и тесно связаны со структурно-тектоническими особенностями, степенью дренированности территории, рельефом и т. п. Выявленные закономерности дают возможность более дифференцированно подойти к оценке естественных ресурсов подземных вод, их картированию, определению подземного стока, что, несомненно, имеет большое значение, в первую очередь, при проведении поисковых геологоразведочных на воду работ, сокращении их объемов и повышении эффективности.

Успехами лаборатории являются исследования по прогнозам работы эксплуатационных водозаборов трещинно-карстовых вод в условиях воздействия техногенных факторов и карьерной отработки месторождений фосфоритов в Малом Каратау. Были изучены процессы формирования эксплуатационных ресурсов и разработан оптимальный режим действующих водозаборов с учетом водоотлива из карьеров. Полученные модели послужили основой для переоценки эксплуатационных запасов подземных вод. Доказано, что в принятом режиме эксплуатации водозабор может работать еще 15—20 лет, не выходя за пределы допустимой сработки водоносного горизонта.

Проводятся исследования по изучению водно-солевого подземного стока в Аральское море и оз. Балхаш. На основе математического моделирования на АВМ разработаны прогнозы изменения стоков в связи с усыханием этих бассейнов, вызванным перераспределением и изъятием части стока рек. Показано, что при сравнительно небольшой величине подземного стока в эти бассейны (до 1%) количество солей, приносимых подземными водами, достигает 20—23%, что способствует прогрессирующему засолению обсохшей части водоемов и их акваторий.

При этом для изучения процессов формирования в региональном плане впервые в гидрогеологии был применен один из вариационных методов — метод главных компонент с реализацией на ЭВМ ЕС-1060. Это позволило глубже исследовать внутренние процессы формирования химического стока подземных вод, определить роль глубокого стока, в том числе по зонам разломов, влияние засоленности почвогрунтов и другие положения.

К числу экспериментальных работ института следует отнести исследования, выполненные по прогнозу подлора грунто-



вых вод в зоне проектируемого канала Сибирь — Средняя Азия, где впервые был использован метод конечных элементов с реализацией на современных ЭВМ «Минск-32». В результате были решены сложные гидрогеологические задачи, в том числе сейсмического воздействия на распределение напоров подземных вод и др. Общий экономический эффект от внедрения работ, выполненных лабораторией экспериментальной гидрогеологии за 3 года, составил 5,2 млн. руб.

В области экспериментов физического моделирования в институте проведены длительные опыты по определению фильтрационных свойств слабопроницаемых пород. Было выявлено, что  $K_f$  является динамической величиной во времени, изменяемой в зависимости от ряда факторов: гранулометрического и минералогического состава, засоленности и др., которыми определяется характер изменчивости  $K_f$  (увеличение, уменьшение, циклические колебания во времени).

Еще более значительные и важные задачи стоят перед экспериментальной гидрогеологией в одиннадцатой пятилетке. Это, прежде всего, расширение сети опорных станций, создание опытных полигонов в различных гидродинамических зонах, оборудованных современными приборами для получения достоверной информации по влагопереносу для количественной оценки процессов формирования подземных вод, развитие методов математического моделирования для решения теоретических и методологических задач гидрогеологии, к которым относятся общая теория приближенного и неполного подобия и аналогии, кибернетическое моделирование применительно к крупным регионам и артезианским бассейнам, теоретические основы решения обратных задач и проблемы достоверности гидрогеологических прогнозов, оптимизация управления процессами эксплуатации подземных вод в сложных гидрогеологических условиях и др. Дальнейшее развитие и совершенствование лабораторий — базы для изучения водно-физических свойств пород зоны аэрации и водоносных горизонтов, которые совместно с опытно-полевыми работами позволят получить достоверные данные гидрогеологических параметров, по геохимии, геотермии и др., в которых так заинтересованы все отрасли гидрогеологических знаний.

В целом исследования в области экспериментальной гидрогеологии должны быть направлены на решение важнейших и сложных задач, стоящих перед гидрогеологической наукой и практикой, по широкому вовлечению подземных вод в народное хозяйство республики: гидрогеологического прогнозирования в связи с интенсивной хозяйственной деятельностью и разработкой оптимальных схем охраны окружающей среды и, в первую очередь, охраны подземной гидросферы.

С. Ж. ЖАПАРХАНОВ

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНОВ

В расширении минерально-сырьевой базы страны огромную роль играет Казахстан. Успешное освоение богатств недр республики зависит от сложности гидрогеологических, горногеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации месторождений полезных ископаемых и их водообеспеченности.

В 1950—1960 гг. отдельные работы, связанные с водоснабжением рудных месторождений Центрального Казахстана, были проведены С. К. Калугиным, В. А. Курдюковым, А. Ф. Калмыковым и др. Изучением обводненности Миргалимская, Текели занимались В. С. Жеваго, П. А. Серый, Рудного Алтая — А. П. Кузнецов, железорудных месторождений Кустаная — А. Н. Губарев и др. Результаты работ этого периода и их значение для гидрогеологии республики достаточно подробно освещены в ряде обзоров и обобщений У. М. Ахмедсафина, поэтому здесь остановимся лишь на некоторых итогах и перспективах исследований гидрогеологии горнорудных районов за период с 1960 г. по настоящее время.

Чтобы решить большие задачи по дальнейшему ускоренному освоению экономических районов горнодобывающей промышленности Казахстана, поставленные в десятой пятилетке, Институту гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР было дано специальное задание по научному исследованию и разработке рекомендаций по рациональному осушению и обеспечению водоснабжением важных горнорудных объектов.

При этом все научные, опытно-методические, экспериментально-лабораторные работы проводились в тесном творческом содружестве с предприятиями Министерств цветной металлургии и геологии Казахской ССР, Унипроемдью МЦМ СССР, Казгипроцветметом, Казмеханобром МЦМ КазССР, МГУ им. Ломоносова, Пермским государственным университетом и др.

Для решения вопросов водообеспеченности таких месторождений цветных металлов, как Джекказган, Жайрем, Василь-

ковское, Карагайлы, Коктенколь, Аксу, Текели, Чатыркуль, железорудных — Джезды, Каражал, Ктай, Джумарт, Кентюбе и др., необходимо было всесторонне изучить гидрогеологические закономерности и составить уточненные гидрогеологические, гидродинамические и гидрохимические карты горнорудных объектов. Одним из важных направлений являлось также прогнозирование водопритоков в глубокие горизонты рудников с целью разработки эффективных мер борьбы с рудничными водами.

Ускоренное развитие горнодобывающей промышленности, кроме того, выдвигало проблему охраны недр, водных ресурсов и окружающей среды от загрязнения, недопущения необоснованной выборочной отработки богатых участков месторождений, подработки запасов полезных ископаемых, сверхнормативных потерь и разубоживания полезных ископаемых. Для решения перечисленных задач по гидрогеологии месторождений полезных ископаемых потребовалось провести различные опытно-методические экспериментальные исследования.

Указанный комплекс исследований проводился в следующих основных направлениях:

1. Изучение гидрогеологии, гидродинамики, режима и формирования подземных вод месторождений полезных ископаемых с целью разработки эффективных методов прогнозирования водопритоков в глубокие горизонты горных выработок и мер борьбы с рудничными водами при эксплуатации рудных месторождений. Это обусловлено тем, что при отработке глубоких горизонтов действующих рудников наблюдалась повышенная обводненность шахт и карьеров вплоть до прорывов и затоплений горных выработок, выведивших их из строя. Был проведен комплекс полевых, экспериментальных и лабораторных исследований по изучению закономерностей формирования, гидродинамики, баланса, режима и химического состава рудничных вод с точки зрения оценки и прогноза водопритоков в систему горных выработок, по разработке рациональных мер борьбы с ними, а также изучена агрессивность и коррозионные свойства рудничных вод. Определены условия формирования рудничных вод с установлением возможных участков питания, транзита и разгрузки; гидродинамические особенности обводнения отдельных типов месторождений и рудников в зависимости от их приуроченности к различным литологическим разностям (месторождениям в карстовых, трещиноватых, песчано-глинистых породах и др.), формирование воронок депрессий, изменения режима притока воды в зависимости от системы выработок (шахты, карьеры); методы борьбы с рудничными водами при разработке месторождений полезных ис-

копаемых (рудничный водоотлив, изоляция горных выработок от поверхностных вод и т. д.).

Систематическое наблюдение за режимом, динамикой и химическим составом рудничных вод с учетом водопритоков в горные выработки позволили провести моделирование гидрогеологических процессов рудных полей.

2. Изучение существующих условий и перспектив улучшения водоснабжения с оценкой водообеспеченности горнорудных предприятий потребовало углубленного изучения ресурсов подземных вод с учетом их формирования, гидрохимии, что дало возможность проанализировать водный баланс горнорудных районов и их водообеспеченность.

Наряду с рациональным использованием разведанных водозаборов подземных вод, рекомендовано также использовать рудничные воды, откачиваемые из шахт и карьеров, для хозяйственно-бытовых целей. Разработаны режим и нормы эксплуатации водозаборов. Актуальное значение имели также поиски путей и методов рационального использования подземных вод с оценкой экономической эффективности их использования, позволяющих сэкономить народному хозяйству большие средства и сократить сроки строительства водозаборов. Всесторонне изучены возможности искусственного пополнения водных ресурсов с целью создания подземных водохранилищ.

3. Обоснование гидрогеологических аспектов геотехнологических методов добычи полезных ископаемых путем подземного химического выщелачивания обусловлено как охраной полезных ископаемых от истощения, так и возможностью рационального извлечения основных и совместно с ними залегающих попутных полезных ископаемых.

Под подземным выщелачиванием полезных ископаемых из рудных тел подразумевается процесс избирательного растворения химическим реагентом полезного компонента и последующего удаления образовавшихся химических соединений из зоны реакции с помощью движущегося потока растворителя.

Этот метод исключает строительство дорогостоящих подземных выработок и накопление горных отвалов. Для того чтобы установить оптимальные условия выщелачивания в процессе геотехнологических способов разработки, необходимо было тщательно изучить водообильность месторождения, фильтрационные и физические свойства горных пород, формы и размеры депрессионных воронок и их изменения во времени и пространстве, влияние процессов выщелачивания на окружающую природную среду. Большое значение имело также изучение трещиноватости пород с целью оценки водообильности, водоотдачи, пустотности, выяснения путей миграции

подземных вод, а также растворов в процессе выщелачивания металлов.

Для определения направления и скорости движения подземных вод и проницаемости горных пород на участках выщелачивания необходимо было провести опытно-фильтрационные работы с использованием чувствительных индикаторов, наблюдения за понижением уровня воды и изменением их химического и микрокомпонентного состава.

Многолетние исследования, проводимые Институтом металлургии и обогащения АН КазССР, показали принципиальную возможность извлечения свинца и цинка из руд методом выщелачивания. Результаты этих проработок легли в основу комплексных работ на Текелийском свинцово-цинковом месторождении по разработке методов извлечения цветных металлов из руд способом подземного химического выщелачивания.

Комплексные исследования по добыче меди методом подземного выщелачивания проводились несколькими институтами также на Джекказганском месторождении — на опытных участках шахт 3-бис, 39 и карьере Кресто-центр. По итогам работ даны конкретные технические и технологические предложения по выщелачиванию потерянных запасов руд из опытных участков в зависимости от геологических, гидрогеологических и горнотехнических характеристик рудных залежей.

Таким образом, на основе выполненных специальных исследований впервые рассмотрены и оценены гидрогеологические условия естественной обводненности 30 рудников и формирующихся горнопромышленных комплексов Северного, Центрального и Южного Казахстана. Разработана методика их исследований, дана классификация рудных месторождений по условиям обводненности и осушения. Всесторонне охарактеризованы ресурсы подземных вод, баланс и водообеспеченность горнорудных предприятий. Указаны пути и методы рациональной эксплуатации подземных вод, рассмотрены возможности их искусственного пополнения и опреснения. Многие рекомендации были внедрены в практику.

Следует отметить, что успешное освоение ресурсов недр на ряде горнорудных объектов Казахстана сопряжено с определенными трудностями, связанными со сложными инженерно-гидрогеологическими условиями отработки, отсутствием обоснованных рекомендаций по рациональным методам их осушения, а также недостаточной водообеспеченностью промышленных узлов.

В этой связи в одиннадцатой пятилетке на важнейших горнорудных объектах необходимо всесторонне исследовать гидрогеологические закономерности распределения, залегания, динамики, режима, химико-технологического состава руднич-

ных вод, составить гидродинамические карты рудных полей, карты прогнозирования водопритоков в глубокие горизонты рудников и разработать эффективные меры борьбы с рудничными водами.

Для кардинального решения разнообразных вопросов гидрогеологии месторождений полезных ископаемых потребуются проведение различных опытно-методических и экспериментальных исследований по изучению фильтрационных свойств среды, к которым приурочены полезные ископаемые водоотдающих, водопроводящих и других гидродинамических условий.

Все поставленные задачи будут решаться ежегодными и круглогодичными полевыми экспедиционными исследованиями в комплексе с опытными и лабораторно-экспериментальными работами.

Нам предстоит выполнить следующие работы:

Изучение гидрогеологии важнейших горнорудных объектов Казахстана. Тема выполняется по плану экономического и социального развития Казахской ССР на 1981—1985 гг.

По координационному плану совместных научно-исследовательских и опытных работ по важнейшим направлениям научно-технического прогресса и практической реализации научных результатов фундаментальных и прикладных исследований, выполняемых Академией наук Казахской ССР и Министерством цветной металлургии Казахской ССР на 1981—1985 гг., (тема «Комплексные исследования гидрогеологических условий и водообеспеченности эксплуатируемых и строящихся предприятий Атаусуйского рудного района»).

«Прогнозирование гидрогеологических условий и определение водопритоков при разработке участков Жайремского месторождения» (1981—1985). Работа выполняется по договору с Жайремским горно-обогатительным комбинатом МЦМ КазССР.

Комплексная целевая программа по проблеме МП-1 «Исследование и разработка способов усовершенствования и интенсификации процессов подземного, кучного и агитационного выщелачивания руд и полупродуктов обогащения с комплексным извлечением цветных, редких, благородных металлов» (1981—1987) будет выполняться по координационному плану головных институтов «Унипромедь» МЦМ СССР и ИМиО АН КазССР по указанию Минцветмета СССР.

В заключение уместно отметить, что экономический эффект от внедренных только за десятую пятилетку работ по гидрогеологии горнорудных районов составил 1,4 млн. руб.

*В. С. ЖЕВАГО*

## **РАЗВИТИЕ ГИДРОГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Работы по исследованию термальных источников Казахстана были начаты после Октябрьской революции. Изучением их занимались Н. М. Прокопенко, Б. А. Петрушевский, В. И. Вернадский, Т. Г. Сарычева, Ф. А. Макаренко, Э. З. Карстенс, Н. С. Зайцев, Г. Д. Лидин, а также В. П. Нехорошев, Е. В. Посохов и др. Ими описаны в основном естественные выходы термальных вод на поверхность, которые связывались с геотермическими условиями земли и глубокой циркулирующей подземных вод.

С 1929 г. стали проводить измерения температуры верхней части земной коры в скважинах. Так, Н. Н. Дружинин в 60 скважинах на Эмбе измерил температуру воды на глубине 250 м. Позднее замеры температуры в скважинах производились геофизической конторой Казахстаннефть с целью определения мест притока воды в скважину и отбивки цементного кольца.

В 1938—1945 гг. В. Н. Дахнов, С. А. Красковский, С. С. Ковнер опубликовали ряд статей по геотермическим исследованиям на нефтяных месторождениях СССР, в том числе и Казахстана, в которых изложены результаты измерений температуры, намечены пути совершенствования этих измерений, развиты теоретические основы геотермии, интерпретации результатов термометрии, обоснованы причины возникновения аномальных участков и другие вопросы, имеющие теоретическое и практическое значение.

В 1950—1960 гг. Ф. А. Макаренко показал исключительное значение геотермии не только для познания термической истории земли, но и для изучения важных вопросов, связанных со многими процессами, происходящими в недрах земли, а также для практических целей при использовании ее тепла. Во всей стране, в том числе и в Казахстане, стали создаваться научные ячейки по изучению гидрогеотермии. В это время при АН СССР был создан Научный совет по геотермическим исследованиям.

Ф. А. Макаренко в 1957 г. кратко охарактеризовал перспективы использования термальных вод в южных районах Казахстана.

В 1959—1960 гг. С. Е. Чакобаев, Б. Ф. Маврицкий, У. М. Ахмедсафин, В. А. Покровский, В. С. Жеваго, А. Ф. Калмыков и др. дали краткую характеристику геотермических условий отдельных площадей Казахстана.

Как видно из сказанного, до 60-х годов Казахстан в геотермическом отношении изучен был весьма слабо, только для участков Прикаспия и северной окраины Казахстана имелись данные о геотермическом градиенте и характеристике изменения температуры с глубиной.

Начиная с 1959 г. в Казахском институте минерального сырья, а с 1966 г. в Институте гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР группой гидрогеологов (М. С. Кан, Н. М. Бондаренко, Г. Р. Алещенко под руководством В. С. Жеваго) были проведены гидрогеотермические исследования на всей территории Казахстана по трем научным направлениям:

1. Изучение пространственного распределения, накопления и миграции тепла в верхней части земной коры в зависимости от геоструктурных, гидрогеологических, климатических, палеогеологических и других естественных условий.

2. Выявление закономерностей в распределении и залегании термальных вод, их качества и количества.

3. Выявление закономерностей в распределении минеральных лечебных и столово-питьевых вод.

Первое направление научно-теоретическое, связано с изучением гидротермальных процессов минералообразования, гидрохимических и геохимических, происходящих в земной коре, с установлением аномальных термических зон, степени нарастания температур с глубиной, поступления эндогенного тепла с больших глубин к поверхности земли (количественная характеристика тепловых потоков), количественной и качественной характеристики глубины залегания годовых переменных температур нейтрального слоя и глубины проникновения солнечной радиации. Изучение этих вопросов позволило составить геотермические карты геотермического градиента, тепловых потоков, геотермического районирования, глубины залегания нейтрального слоя и колебаний годовых температур в нем, а также термического режима недр земли.

Второе направление наряду с научно-теоретическим имеет научно-прикладное значение. Решаемые им задачи: выявление термальных вод на территории Казахстана, установление общих закономерностей в распределении температур подземных вод, изучение их качества — минерализации химического состава, глубины залегания, предварительная количественная



оценка запасов и ресурсов термальных вод, выявление и оконтуривание месторождений термальных вод для народнохозяйственного использования, разработка рекомендаций по их использованию, составление карт термальных вод разных масштабов.

Третье направление также имеет научно-теоретическое и прикладное значение. Выполненные разработки позволили выявить общие закономерности распределения и формирования минеральных вод, степень обеспеченности ими отдельных районов, а также оценить перспективы курортного и внекурортного использования гидроминеральных ресурсов и общего планирования геологоразведочных работ на минеральные воды и строительство лечебных учреждений. Кроме того, по заданию Главселезащиты ведутся работы по изучению термического режима моренных отложений в Заилийском Алатау.

Институтом гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР в течение последних 20 лет изучены геотермические условия территории, определено тепловое состояние недр в верхней части земной коры, выделены площади развития термальных пластовых подземных вод различных тепловых потенциалов. Составлены карты различных масштабов распространения термальных вод во впадинах и прогибах Казахстана, дана их гидрохимическая характеристика, определены напорность вод, расходы одиночных скважин, глубина залегания пластовых термальных водоносных комплексов, мощности водосодержащих пород и другие сведения. За последние пять лет выявлены и оконтурены месторождения термальных вод с температурным потенциалом выше  $40^{\circ}\text{C}$ , пригодные к использованию в качестве тепловой энергии. В качестве научного прогноза оценены эксплуатационные запасы термальных вод.

За период с 1959 г. по настоящее время в институте написаны, утверждены и переданы заинтересованным организациям 18 научных отчетов и созданы 9 карт различных масштабов.

Опубликованы 3 монографии и 5 гидрогеотермических карт, 121 научная статья, 34 научно-популярных статьи, 3 научно-популярных брошюры и выдано 37 специальных рекомендаций министерствам, ведомствам, партийным и советским учреждениям по минеральным, термальным водам и гидрогеотермии.

Региональные работы проводились в тесном контакте с научными подразделениями ВСЕГИНГЕО, Научным советом по геотермическим исследованиям АН СССР, Геологическим институтом АН СССР по заданиям Госкомитета Совмина СССР, а также с производственными организациями Казгид-

роуправления и его экспедициями, Главселезащитой, Министерством сельского хозяйства и др.

Значительные работы по гидрогеотермии проведены в нефтяных районах Западного Казахстана научными сотрудниками сектора гидрохимии (Ж. С. Сыдыков, М. А. Мухадмеджанов, В. Н. Порядин и В. А. Бочкарева), которые детально осветили гидрогеотермические условия различных формаций терригенных отложений. В. Концерштейн детально охарактеризовал геотермические условия продуктивных нефтяных горизонтов Мангышлака.

В результате исследований и на основании изданных работ и гидрогеотермических отчетов производственным организациям, министерствам и научным учреждениям даны рекомендации для использования в народном хозяйстве запасов внутритерриториального тепла на территории Казахстана.

На основе наших рекомендаций, подсчитанных запасов термальных вод и оконтурированных нами месторождений высоких температурных потенциалов Новосибирским ордена Ленина отделением «Теплоэлектропроект» составлен технико-экономический доклад, в котором Южный Казахстан был определен как перспективный район для использования геотермальных ресурсов.

Работами 1979—1980 гг. на основании постановления коллегии Мингеологии СССР от 15.06.78 г. было рекомендовано Мингеологии КазССР провести переоценку прогнозных эксплуатационных запасов термальных вод по перспективным районам Казахстана.

Объединением Казгидрогеология по договору с нашим институтом и на основании данных по гидрогеотермии, полученных в 1970—1978 гг., такая работа выполнена по трем перспективным регионам. В результате по Илийской системе артезианских бассейнов потенциальные запасы составляют: при фонтанной эксплуатации — 115,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут воды, которые дадут тепла 2127,4 тыс. Гкал/год; при насосной — соответственно 515,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут и 7951,4 Гкал/год.

По Сырдарьинской системе артезианских бассейнов запасы составят: при фонтанной эксплуатации — 170,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут воды, дающие 2092,9 тыс. Гкал/год тепла; при насосной эксплуатации — соответственно 4748 тыс. м<sup>3</sup>/сут воды и 41643 тыс. Гкал/год.

Экономический эффект от эксплуатации термальных вод при фонтанной эксплуатации по указанным артезианским системам превысит 14,385 млн. руб. в год, а при насосной — 163,584 млн. руб.

В южной части западного Казахстана запасы термальных вод выражаются в 53,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут и могут дать 1573,7 тыс.

Гкал/год тепла. Экономический эффект составит 18 млн. руб. в год. Эксплуатация термальных вод здесь возможна только при применении насосов, фонтанная же здесь неэффективна.

В настоящее время, исходя из наших рекомендаций, бурятся эксплуатационные скважины на термальные воды в Панфиловском районе, заканчивается строительство двух санаториев: в Алма-Ате на 1050 мест и в Мерке на 500 мест. Действуют бальнеолечебницы на основе термальных вод, заводы розлива минеральных столовых вод и другие предприятия в сельском и коммунальном хозяйствах, животноводстве и в прудовом рыбоводстве.

Работы по гидрогеотермии будут продолжены и в следующем пятилетии при более детальной и углубленной проработке многих вопросов.

*М. Х. ДЖАБАСОВ*

## **ФОРМИРОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

В настоящее время изучением формирования и оценки ресурсов подземных вод занимаются многие научно-исследовательские производственные организации. Исследования проводятся по таким направлениям:

1. Поиски и разведка различных типов месторождений и оценка эксплуатационных запасов подземных вод.
2. Региональная оценка ресурсов подземных вод и их картирование.
3. Оценка достоверности гидрогеологических прогнозов при разведке подземных вод.
4. Гидрогеологическое обоснование искусственного восполнения подземных вод.
5. Геолого-экономическая оценка различных типов месторождений подземных вод.

Ученые Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР с целью выявления перспективных районов накопления доброкачественных запасов подземных вод на огромных пространствах Казахстана занимаются изучением формирования, размещения и региональной оценки ресурсов подземных вод и их картированием. Решение этих задач является научной основой для развития теоретических и практических задач гидрогеологии.

Долгое время считалось, что Казахстан беден пресными водами, а на изданных гидрогеологических картах его показывали как территорию с преимущественным распространением солоноватых и соленых вод. Такое явление было обусловлено слабой гидрогеологической изученностью территории, недостаточной разработкой теоретических вопросов формирования и оценки ресурсов подземных вод. Трактовалось ошибочно и происхождение подземных вод аридных зон. Незначительное количество выпадающих атмосферных осадков (80—250 мм/год) при величине испаряемости, превышающей 1000 мм/год, давало повод считать, что вся атмосферная влага уходит на испарение и, следовательно, не участвует в питании подземных

вод. Обнаруженные на отдельных участках линзы пресных вод объясняли конденсационной гипотезой. Такая точка зрения в условиях огромного дефицита влаги не позволяла ставить вопрос о возможности скопления в пустынях больших запасов подземных вод. Некоторые ученые происхождение артезианских вод объясняли ювенильной гипотезой. Однако дальнейшие комплексные исследования показали ее несостоятельность, так как она выдвигалась без достаточного обоснования и изучения основных факторов формирования подземных вод аридных районов. Так, например, предполагая полное испарение атмосферных осадков в летний период, исследователи исключали такие важные показатели, как сезонное и многолетнее время их распределение. Между тем установлено, что в зимнее время в пустынях выпадает значительное количество снега, который сдувается с бугров и концентрируется в межбугристых и межбарханных понижениях, а с наступлением весны проникает до уровня грунтовых вод, пополняя их запасы. В отдельные годы мощность снежного покрова на этих участках достигает 1—2 м. Наблюдения за изменением влажности песков в зоне аэрации и уровнем грунтовых вод в песчаных массивах Муюнкумов, Сары-Ишикотрау показывают, что в периоды, благоприятные для конденсации влаги и образования гравитационной воды, зеркало вод неизменно опускается вниз. В то же время запасы подземных вод пополняются за счет просачивания зимне-весенних атмосферных осадков.

Длительные наблюдения за конденсацией влаги в камерах искусственного климата, проведенные гидрогеологами и геофизиками Ташкентской обсерватории (А. Ф. Сляднев и др., 1965 г.), также подтвердили, что гравитационные воды не могут образовываться вследствие конденсации влаги в порах песчаных пород. Таким образом, вполне очевидно, что грунтовые воды в пустынях являются результатом инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков, фильтрации речных вод. Это убедительно доказано и многолетними исследованиями У. М. Ахмедсафина в Южном Казахстане («Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана», 1951 г.).

Что же касается оценки запасов подземных вод, то она сводилась к определению расхода отдельных водозаборов, в лучшем случае естественного потока. Запасы подземных вод исчислялись всего несколькими литрами или десятками литров в секунду. Такой методический подход не позволял решать крупные водохозяйственные проблемы за счет местных водных ресурсов.

Более прогрессивный метод оценки региональных запасов подземных вод впервые для аридной зоны Казахстана применил в 1945 г. У. М. Ахмедсафин, который установил в недрах

пустынь Южного Казахстана огромные ресурсы подземных вод. Вначале им был решен вопрос формирования подземных вод, а затем установлены их ресурсы.

Новый методический подход к решению и разработке георетических положений применен сотрудниками Института для всей республики. Это было вызвано интенсивным ростом производительных сил и необходимостью выявления больших запасов подземных вод, удовлетворяющих запросы промышленности, городов и сельского хозяйства. Работы были начаты с обобщения многолетних материалов, анализа их и выявления основных закономерностей формирования подземных вод, прогнозирования, составления серии специализированных гидрогеологических карт. Было установлено, что формирование подземных вод относится к категории сложных и разносторонних процессов, происходящих в верхней части земной коры. Он не может быть понят без тщательного и всестороннего изучения геологической структуры, взаимодействия литосферы, гидросферы и атмосферы. Главным условием формирования подземных вод и накопления ресурсов является наличие в литосфере фильтрующих коллекторов и резервуаров, в которых накапливается влага, проникающая из самых различных источников, гидрогеологические их свойства, характер залегания и размещения в пространстве. Не менее важным является степень обнаженности этих коллекторов. Так, при большей обнаженности доступ для атмосферной влаги свободен, и при благоприятных геоморфологических, климатических, гидрогеологических, гидрологических условиях формируются доброкачественные подземные воды, содержащие значительные ресурсы. На равнинных участках, где распространены слабофильтрующие породы, часто не выдержанные по площади и мощности, находящиеся в неблагоприятных геоморфологических (нерасчленённые плоские равнины с покровом водоупорных образований) и геолого-структурных (замкнутые депрессии) условиях, как правило, в результате недостаточного поступления влаги (атмосферных осадков и поверхностных вод) формируются подземные воды с незначительными ресурсами, повышенной минерализацией и низкой производительностью. Примером могут служить территории преимущественно Западного Казахстана.

Краткий обзор закономерностей формирования, размещения и прогнозной оценки региональных ресурсов подземных вод показывает следующую картину.

Наиболее благоприятные условия для формирования значительных ресурсов подземных вод существуют в предгорных и межгорных впадинах Южного и Юго-Восточного Казахстана, где широко распространены мощные (до 300—600 м) четвер-

тичные валунно-галечниковые и песчано-гравийно-галечниковые образования, обладающие хорошими фильтрационными и водоаккумулирующими свойствами. Путем поглощения 30—50% расходов рек, стекающих с гор, и значительной части атмосферных осадков, а также поступления трещинных вод из окружающих горных сооружений в предгорных шлейфах формируются значительные ресурсы подземных вод. По данным прогнозных исследований, многолетние ресурсы подземных вод предгорных равнин составляют 850 млрд. м<sup>3</sup>; ежегодно по мере расходования они возобновляются в размере 5,6 млрд. м<sup>3</sup> (180 м<sup>3</sup>/с). Региональные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод составляют около 300 м<sup>3</sup>/с, а модули их изменяются от 600 до 2700 м<sup>3</sup>/сут и местами достигают 5000—10 000 м<sup>3</sup>/сут. В предгорных шлейфах, обеспеченных большими вековыми и ежегодно возобновляемыми ресурсами подземных вод, возможна организация коммунального и промышленного водоснабжения, орошение земель путем строительства крупных, реже очень крупных групповых водозаборов с суммарным расходом воды от 1—3 до 5 м<sup>3</sup>/с. Менее водоносны пролювиальные предгорные равнины, расположенные севернее конусов выноса. На 1 км<sup>2</sup> площади здесь чаще всего приходится 500—900 м<sup>3</sup>/сут эксплуатационных ресурсов. Ресурсы подземных вод позволяют сооружать здесь групповые водозаборы с расходом 0,5—1 м<sup>3</sup>/с. Результаты исследований по установлению основных закономерностей формирования, размещения грунтовых и артезианских вод, оценке их ресурсов, практическим рекомендациям по их использованию освещены в работах У. М. Ахмедсафина, В. Ф. Шлыгиной, А. К. Джакелова, М. Х. Джабасова и др. Среди них наибольшего внимания заслуживают опубликованные монографии «Методика составления карт и обзор артезианских бассейнов Казахстана» (1961), «Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана» (1973), «Формирование, прогноз, управление режимом подземных вод конусов выноса» (1978) и др.

Крупными и широко распространенными аккумуляторами доброкачественных запасов подземных вод являются мощные мезозой-кайнозойские отложения (пески, реже песчаники) предгорных и межгорных впадин Южного Казахстана. Они формируются в результате концентрированного просачивания зимне-весенних атмосферных осадков в межбугристых и межгрядовых понижениях, фильтрации речных вод и стока подземных вод с гор. Слой влаги, проникающий в водоносные горизонты, колеблется от 10 до 60 мм/год, местами достигая 120 мм/год. Общее количество влаги, участвующее в питании и образовании ресурсов подземных вод, превышает 4 млрд. м<sup>3</sup> (135 м<sup>3</sup>/с) при модулях подземного стока, изменяю-

щихся от 0,06—0,1 до 0,8—4 л/с с 1 км<sup>2</sup>. Здесь содержатся огромные вековые запасы подземных вод, равные 2,5 трлн. м<sup>3</sup>. Только в центральной части Сары-Ишикотрау, восточной части Моюнкумов, юго-восточной части Кызылкумов в 1 км<sup>2</sup> площади содержится 20—30 млн. м<sup>3</sup> пресной воды, что позволяет с каждого квадратного километра извлекать 250—450 м<sup>3</sup>/сут при непрерывной и 450—900 м<sup>3</sup>/сут при нормальной эксплуатации подземной воды. В этих районах можно создавать групповые водозаборы средних и малых размеров с общим расходом от 0,1 до 1 м<sup>3</sup>/сут. Однако на большей части указанных впадин вековые запасы подземных вод, приходящихся на 1 км<sup>2</sup> площади, чаще всего варьируют от 10 до 20 млн. м<sup>3</sup>, реже 10—5 млн. м<sup>3</sup>, а модули эксплуатационных запасов колеблются от 300 до 500 м<sup>3</sup>/сут. Ресурсы подземных вод достаточны для сооружения малых водозаборов с общим расходом до 0,1—0,5 м<sup>3</sup>/с. Региональные прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод достигают 500 м<sup>3</sup>/с. Все учтенные ресурсы подземных вод Южного Казахстана составляют 4,5 трлн. м<sup>3</sup> и возобновляются в размере 570 м<sup>3</sup>/с, а региональные прогнозные эксплуатационные ресурсы равны 970 м<sup>3</sup>/с. Результаты исследований по изучению основных закономерностей формирования, размещения грунтовых и артезианских вод предгорных и межгорных впадин освещены в работах У. М. Ахмедсафина, М. Х. Джабасова, В. Ф. Шлыгиной и др. Среди них особое внимание привлекают монографии «Артезианские бассейны Южного Казахстана» (1968); «Ресурсы и использование подземных вод Казахстана» (1972); «Гидрогеологические прогнозы Балхашской впадины» (1975); «Артезианские воды Чу-Сарысуйской впадины» (1979); «Подземные воды Южного Прибалхашья» (1980); «Илийский артезианский бассейн» (1980) и др.

Довольно крупными и обширными по площади аккумуляторами артезианских и грунтовых вод являются Предуральское плато, Арало-Тургайская, Присыртовая и Прииртышская равнины с широко распространенными песками преимущественно верхнемелового, частично палеогенового и реже четвертичного возраста. Обладая хорошими фильтрационными свойствами, эти коллекторы поглощают значительное количество поверхностных вод и атмосферных осадков, в результате образуются большие запасы подземных вод. Общее количество влаги, участвующей в формировании подземных вод, составляет 113 м<sup>3</sup>/с. Все учтенные вековые ресурсы артезианских и грунтовых вод равны 2,5 трлн. м<sup>3</sup>. При этом основные запасы сосредоточены в водоносных горизонтах мелового возраста (от 10 до 20 млн. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup>). Общие региональные эксплуатационные запасы достигают 500 м<sup>3</sup>/с. Модули региональных



прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод изменяются от 75 до 250 м<sup>3</sup>/с при непрерывной и 150—500 м<sup>3</sup>/сут при нормальной эксплуатации, но на значительной части территории составляют 50—150 м<sup>3</sup>/сут с 1 км<sup>2</sup> при непрерывном извлечении подземных вод. Запасы подземных вод большинства рассматриваемых районов позволяют сооружать мелкие и средние групповые водозаборы с общим расходом от 0,05—0,1 до 1 м<sup>3</sup>/с для создания довольно больших участков орошаемого земледелия. Основные результаты работ по формированию подземных вод и оценке региональных ресурсов отдельных районов освещены в работах Ж. С. Сыдыкова, Р. М. Курмангалиева, В. А. Бочкаревой, Ф. К. Кабиева, В. И. Порядина, М. А. Мухамеджанова. Среди них большое научное и практическое значение имеет монография Ж. С. Сыдыкова «Подземные воды Мугоджар и Примугоджарских равнин» (1966), а также монография коллектива авторов «Формирование и ресурсы подземных вод меловых отложений Западного и Северного Казахстана» (1976).

Большой интерес в пределах Центрального и Восточного Казахстана представляют многочисленные крупные и мелкие долины рек Токрау, Джамши, Нуры, Талды, Жарлы, Иртыша, Убы, Бухтармы, сложенные хорошо фильтрующими четвертичными песчано-гравийными, галечниковыми отложениями, представляющими собой крупные резервуары подземных вод. Формируются они преимущественно за счет фильтрации 30—80% лаводковых вод рек, инфильтрации атмосферных осадков и подтока трещинных вод. Общее количество влаги, формирующее подземные воды, составляет 4,5 млрд. м<sup>3</sup> при модуле подземного стока 0,3—2 л/с с 1 км<sup>2</sup>. Вековые запасы подземных вод аллювиальных долин рек достигают 48 млрд. м<sup>3</sup>. При эксплуатации их с учетом ежегодно возобновляемых ресурсов можно получить до 86 м<sup>3</sup>/с доброкачественной воды.

В Восточном, Центральном и Северном Казахстане, в пределах Мугоджар и Устюрта в Горном Мангышлаке, Западном Казахстане широко распространены трещинные коллекторы, в которых путем инфильтрации атмосферных осадков, местами фильтрации поверхностных вод, а также в результате таяния ледников и снежников формируются трещинные, частично трещинно-карстовые воды. Величина ежегодного пополнения достигает 5 млрд. м<sup>3</sup> при модулях подземного стока от 0,1 до 1—3 л/с с 1 км<sup>2</sup>. Вековые ресурсы подземных вод не превышают 108 млрд. м<sup>3</sup>, а прогнозные региональные эксплуатационные запасы составили 77 м<sup>3</sup>/с. Модули прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов изменяются от 15 до 150, реже 250 м<sup>3</sup>/сут с 1 км<sup>2</sup>, а в пределах мелкосопочника снижаются до 1—15 м<sup>3</sup>/сут с 1 км<sup>2</sup> при непрерывном извлечении под-

земных вод. Эти запасы позволяют строить лишь одиночные, реже групповые водозаборы. Хорошими коллекторами и резервуарами подземных вод служат карбонатные структуры, сложенные закарстованными известняками, песчаниками, реже доломитами девонского и каменноугольного возраста (Коксенгирская, Яблоновская, Тамсорская, Кайдаульская, Богембайская, Улутауская мульды). Трещинно-карстовые воды формируются путем инфильтрации атмосферных осадков. Ежегодное возобновление равно  $25,6 \text{ м}^3/\text{с}$ . Многолетние запасы всех карбонатных мульд Казахстана составили до 70 млрд.  $\text{м}^3$ , а региональные прогнозные эксплуатационные ресурсы — около  $32 \text{ м}^3/\text{с}$ . Результаты исследований подземных вод отдельных частей Центрального, Северного, Восточного и Западного Казахстана отражены в работах У. М. Ахмедсафина, Ж. С. Сыдыкова, С. М. Шапиро, С. К. Калугина, В. А. Бочкаревой, Р. М. Курмангалиева, С. Ж. Жапарханова, Т. Т. Исабаева, Ф. К. Кабиева, Ж. В. Муртазина, А. В. Солнцева. Среди них теоретическое и практическое значение имеют монографии С. М. Шапиро «Подземные воды юго-востока Центрального Казахстана» (1974), С. Ж. Жапарханова «Подземные воды горнорудных районов Центрального Казахстана» (1975).

Для горных районов Джунгарского, Заилийского, Киргизского, Алатау, отличающихся большой дренированностью, определение емкостных и эксплуатационных запасов подземных вод на данном этапе изученности оказалось затруднительным. Однако эти районы, расположенные в областях питания, обладают довольно значительными ежегодно возобновляемыми ресурсами подземных вод. Модули их изменяются от  $0,2—0,3 \text{ л/с}$  в низкогорных до  $3—5 \text{ л/с}$  с  $1 \text{ км}^2$  в среднегорных и высокогорных районах. Создание водозаборов в горных районах преимущественно сводится к каптажу естественных выходов подземных вод на поверхность. С возникновением горнорудных предприятий, санаториев потребуется строительство групповых водозаборов.

Таким образом, значительная часть республики характеризуется благоприятными условиями для формирования подземных вод, располагает большими запасами и хорошими перспективами их широкого использования для водоснабжения, оазисного орошения и обводнения пастбищ. Исключением являются лишь некоторые территории Западного Казахстана, Северо-Казахстанской области, восточная часть Бетпак-Далы, центральная и южная части Тургайской равнины и отдельные районы мелкосопочника Центрального Казахстана.

На данном этапе изученности в недрах Казахстана выявлено 70 артезианских бассейнов и многочисленные грунтовые потоки, содержащие порядка  $8,6 \text{ трлн. м}^3$  вековых запасов,

которые ежегодно возобновляются в размере 48 млрд. м<sup>3</sup>, а региональные прогнозные эксплуатационные запасы составляют 1960 м<sup>3</sup>/с, из которых на южные районы приходится 970 м<sup>3</sup>/с, на западные области — порядка 409 м<sup>3</sup>/с, на центральные и северные — 324 м<sup>3</sup>/с и восточные области — 257 м<sup>3</sup>/с подземной воды.

Таким образом, в результате регионального подхода установлены не только основные закономерности формирования, пространственного размещения подземных вод (выявлены основные области и источники питания, основные коллекторы и резервуары подземных вод, приуроченность к разновозрастным структурам, литология пород), но и проделана региональная количественная оценка ресурсов подземных вод, дана их классификация, составлена серия специализированных фундаментальных карт прогнозов артезианских бассейнов, гидрогеологическая карта Казахстана (коллектив авторов, 1970 г.), карта подземного стока (1964), карта распределения ресурсов подземных вод. Они позволили коренным образом изменить прежние ошибочные мнения о бедности недр и доказать наличие в республике огромных запасов подземных вод.

Большинство крупных работ выполнялось совместно с производственными организациями, что способствовало повышению качества работ по разведке и оценке запасов подземных вод.

Основными задачами на ближайшие годы в области изучения ресурсов подземных вод являются:

1. Продолжение разработки научных основ региональной оценки и картирования ресурсов подземных вод.
2. Разработка научных основ и рекомендаций по перспективному планированию использования подземных вод на различные периоды развития народного хозяйства.
3. Разработка классификации эксплуатационных запасов подземных вод по степени пригодности для различных отраслей народного хозяйства.
4. Установление регионального ущерба речному стоку при усиленной эксплуатации подземных вод.
5. Широкое применение методов моделирования с целью региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод.

*В. Н. ИВАНОВ*

## **ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Основной научной задачей мелиоративной гидрогеологии является выполнение требований ЦК КПСС и Совета Министров СССР по улучшению плодородия земель и повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание этой проблеме. Достаточно напомнить, что о мелиорации земель говорилось в Решениях XXIV, XXV, XXVI съездов КПСС, мартовского (1965), июльского (1970), июльского (1978), ноябрьского (1979) Пленумов ЦК КПСС, XIV, XV съездов и X, XII Пленумов ЦК Компартии Казахстана.

Еще на майском Пленуме ЦК КПСС (1966) Л. И. Брежнев сказал, что мы обязаны как сегодня, так и впредь думать и заботиться о повышении плодородия земель, получать высокие и устойчивые урожаи зерновых, технических и кормовых культур. Залогом успеха в этом деле является мелиорация земель.

Научные мелиоративно-гидрогеологические исследования проводятся в Институте по двум направлениям: гидрогеолого-мелиоративное районирование; режим и баланс грунтовых вод на орошаемых землях Южного Казахстана.

Первое направление связано с научно-теоретическими работками в области мелиоративной гидрогеологии по оценке мелиоративного благополучия земель Южного Казахстана на базе гидрогеологической изученности территории с учетом ряда других природных факторов. Начальным этапом этой работы является мелиоративно-гидрогеологическое районирование масштаба 1:500 000 предгорных равнин Джунгарского и Зайлыского Алатау, выполнявшееся в 1967 г. В. Н. Островским, Н. А. Серикбаевой и др., в 1975 г. — Н. А. Бакировой, Л. Е. Боровковой, А. В. Никифоровым и в 1978 г. — Н. А. Бакировой.

На основе глубокого анализа гидрогеологических, геоморфологических, литологических, почвенных (засоленность почв) особенностей дан прогноз изменения гидрогеологических ус-

ловий орошаемых земель предгорных равнин Юго-Востоchno-го Казахстана, рекомендованы мелиоративные мероприятия с применением вертикального дренажа. Результаты исследований используются КазГИИЗом Госстроя КазССР при гидрогеологическом и инженерно-геологическом обосновании проектов ирригационного освоения орошаемых массивов Талды-Курганской области, ПГО Казгидрогеология Мингео КазССР при изучении закономерностей формирования естественного режима грунтовых вод, а также изучении влияния крупных ирригационных систем на гидрогеологические и инженерно-геологические условия Юго-Востоchno-го Казахстана. Они являются также основой технико-экономического обоснования мелиоративных сооружений и составления программ более детальных работ для конкретных объектов мелиоративного строительства не только в Талды-Курганской области, но и в других районах с аналогичными гидрогеологическими и природными условиями.

В X пятилетке У. М. Ахмедсафиним, В. Н. Ивановым, Ж. С. Сыдыковым и др. осуществлено гидрогеолого-мелиоративное районирование Южного Казахстана в масштабе 1:1 500 000 по новой методике, учитывающей комплекс природных факторов. При его разработке был сделан анализ всех имеющихся способов мелиоративного районирования в СССР. Известно, что мелиоративное районирование имеет различные научные направления: геоморфологическое, климатическое, почвенное, гидрологическое, гидрогеологическое, а в последние годы появилось комплексное.

В основу этих видов районирования положены природные показатели: климатическое районирование базируется на климатических показателях (температура воздуха, атмосферные осадки) с разработкой комплексов агромероприятий; почвенное учитывает разновидности почв, их засоленность с разработкой агромероприятий (применение удобрений, севооборотов, режима орошения и т. д.); геоморфологическое основывается на геоморфологических особенностях рельефа местности (равнины, конусы выноса, речные террасы и др.) с разработкой схем орошения; гидрологическое учитывает значение оросительных норм, гидромодули; гидрогеологическое — глубину грунтовых вод, их химизм, гидродинамику.

Несколько иной подход мелиоративного районирования земель по комплексу природных факторов. Здесь используется несколько природных показателей для выделения тех или иных таксономических единиц в районировании: геолого-структурные, геоморфологические, почвенные, гидрогеологические и др. Нам представляется, что наиболее прогрессивным методом относительной оценки пригодности земель для сельскохозяй-

ственного производства является районирование по комплексу природных факторов.

В принятом гидрогеолого-мелиоративном районировании Южного Казахстана заложен принцип оценки мелиоративного состояния земель по комплексу природных факторов. На карте (см. рис.) выделены провинции, подпровинции, области и районы. Территориально провинции расположены в пределах геологических структур первого порядка: горноскладчатой и платформенной.

Горноскладчатая провинция представлена сильно дислоцированными кристаллическими породами с дизъюнктивными нарушениями, высокой степенью расчленения рельефа, сильной трещиноватостью пород и крутизной склонов. В рыхлых отложениях здесь преобладает крупнообломочный материал, территория обычно характеризуется хорошей естественной дренированностью, сравнительно высокой годовой величиной атмосферных осадков.

Платформенная провинция Южного Казахстана характеризуется предгорными и межгорными впадинами и приозерными равнинами, сложенными мощными осадочными породами как древнего (палеозойского), так и современного (четвертичного) возраста. Здесь преобладают низменный, равнинный рельеф, степной, полупустынный и пустынный климат, а по естественной дренированности — слабодренированные и бессточные районы, часто с засоленными землями.

На платформе и в пределах крупных межгорных впадин обычно формируются мощные потоки подземных вод, исходя из этого здесь выделены подпровинции по приуроченности их к артезианским бассейнам. В условиях дефицита водообеспеченности земель Южного Казахстана водообильность водоносных горизонтов вносит существенную поправку в оценку земель по степени сложности их ирригационного освоения. У. М. Ахмедсафиним, М. Х. Джабасовым, В. Ф. Шлыгиной, С. М. Шапиро и др.\* в пределах платформы и межгорных впадин Южного Казахстана выделен ряд артезианских бассейнов: Южно-Прибалхашский, Копя-Илийский, Моюнкум-Бетпакадалинский, Кызылкумский и др.

Горноскладчатая провинция менее благоприятна для орошаемого земледелия по сравнению с платформенной, а потому отнесена нами к категории практически непригодных земель для орошения и на ней не выделены подпровинции, области и районы.

Следующей таксономической единицей являются области,

---

\* Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1973.

оконтуренные по геоморфологическим признакам. В пределах Южного Казахстана при мелиоративном районировании учтены следующие геоморфологические области: предгорные наклонные аллювиально-пролювиальные равнины, озерно-аллювиальные песчаные равнины, широкие долины рек. Каждая область характеризуется более или менее одинаковыми природными условиями, т. е. здесь соблюдается правило районирования, по которому каждая последующая территориальная единица в таксономической системе, начиная «сверху», обладает возрастающей однородностью по интересующему составителей признаку.

В таксономических единицах третьего ранга, т. е. в районах, отображено мелиоративное благополучие земель по совместному синтезу основных групп природных факторов, а именно: почвам, естественной дренированности, гидрогеологическим условиям, водообеспеченности земель подземными водами (см. табл.) и выделены земли очень трудные, трудные, средней трудности и легкомелиорируемые. Как показала практика выполненного районирования, оценка мелиоративного благополучия земель Южного Казахстана согласуется с опытом их исторического ирригационного освоения. В связи с этим по комплексным показателям можно, очевидно, районировать любую территорию с недостаточным увлажнением, т. е. аридную зону.

Более важное значение комплексное гидрогеолого-мелиоративное районирование, по нашему мнению, имеет для средне- и крупномасштабного картирования. В этом случае появится возможность выражать посредством экспериментальных зависимостей отдельных количественных природных показателей объемы мелиоративных мероприятий, используя опыт ирригационного строительства на типичных природных ландшафтах, конкретные объемы мелиоративных работ.

Вторым направлением гидрогеолого-мелиоративных работ сектора являются научные исследования по режиму и балансу грунтовых вод на орошаемых землях Южного Казахстана. Эти работы выполнялись по договору с такими производственными организациями, как Казгипроводхоз, Союзливодстрой, Главриссовхозстрой Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. Экспериментальные исследования осуществлялись на базе Каратальского и Акдалинского рисовых орошаемых массивов. На этих объектах впервые для Казахстана изучался, а для акдалинских земель продолжает изучаться режим и баланс грунтовых вод. Установлено формирование грунтовых вод в условиях орошаемого земледелия рисовых севооборотов, разработана классификация режима подземных вод, дан прогноз уровня грунтовых вод на орошаемых землях,

Основные природные показатели		
Разновидности почв	Естественная дренированность территории	Гидрогеологические условия
<p>Малоразвитые почвы, подстилаемые на глубине до 30 см скальными и полускальными породами, щебнем и гравием, солончаки и солонцы, бугристые и барханные пески</p>	<p>Бессточная зона. Глинисто-суглинистые отложения приозерных равнин Замкнутые котловины, в которых приток подземных вод превышает отток. Уклоны уровня грунтовых вод <math>i_{гр}</math> менее 0,0001. Единичный расход грунтового потока <math>q</math> менее 0,0001 м<sup>3</sup>/сут с 1 пог. м. Весьма сложные мероприятия по строительству дренажа</p>	<p>Грунтовые воды залегают на глубине менее 1 м, а минерализация их превышает 10 г/л. При орошении земель необходимо строительство эффективного дренажа с принудительным водоотливом. Использование грунтовых вод с минерализацией более 10 г/л для полива земель весьма опасно и может осуществляться лишь в исключительных случаях. Засоленные земли нуждаются в длительной промывке</p>
<p>Светло-каштановые карбонатные супесчаные, сероземы, обыкновенные легкосуглинистые и супесчаные, сероземы светло-аллювиально-луговые, бурые лугово-пустынные, сероземы такрированные</p>	<p>Весьма слабодренированная зона. Дельтовые песчано-глинистые отложения, сложенные слоистыми супесчано-глинистыми породами с тонкими песчаными прослойками. Параметры грунтового потока: <math>i_{гр} = 0,0001 - 0,0008</math>, <math>q = 0,0001 - 0,008</math> м<sup>3</sup>/сут с 1 пог. м. Сложные мероприятия по горизонтальному дренажу, вертикальный дренаж малоэффективен</p>	<p>Грунтовые воды залегают на глубине 1—5 м. Минерализация их колеблется от 3 до 10 г/л. При орошении земель необходимо строительство</p>
<p>Светло-каштановые карбонатные легкосуглинистые, светло-каштановые выщелоченные легкосуглинистые, сероземы обыкновенные среднесуглинистые, лугово-каштановые, темно-каштановые карбонатные, светло-каштановые окультуренные</p>	<p>Слабодренированная зона. Аллювиальные равнины, сложенные мощной толщей (более 50—200 м) песчаных пород с прослоями суглинков, глин, перекрытых мелкоземистой покровной толщей мощностью до 10 м. Параметры грунтового потока: <math>i_{гр} = 0,002 - 0,0008</math>, <math>q = 0,3 - 0,008</math> м<sup>3</sup>/сут с 1 пог. м. Средняя сложность дренажных мероприятий. Рационален вертикальный дренаж.</p>	<p>Горизонтального дренажа. Использование грунтовых вод для полива с минерализацией 3 г/л и более опасно при ирригационном коэффициенте менее 18 и содержании соды более 0,2 мг-экв/г. Земли в этом случае нуждаются в ежегодных промывках</p>
<p>Предгорные черноземы выщелоченные, черноземы обыкновенные и малогумусные, лугово-черноземные и лугово-сазовые</p>	<p>Интенсивно дренированная и дренированная зона. Аллювиально-пролювиальные песчаные и гравийные отложения, перекрытые покровными мелкоземистыми образованиями. Параметры грунтового потока: <math>i_{гр}</math> более 0,002, <math>q = 0,3 - 10</math> м<sup>3</sup>/сут с 1 пог. м, в районах с интенсивной дренированностью не требуется устройство дренажа</p>	<p>Минерализация грунтовых вод изменяется от 1 до 3 г/л, а глубина их залегания варьирует от 5 до 10 м. Орошение земель в этих условиях требует строительства дренажа (горизонтального и вертикального). Качество грунтовых вод для ирригации удовлетворительное. При минерализации их до 1 г/л ирригационный коэффициент равен 18—90, соды менее 0,2 мг-экв/л. При их использовании в орошении земли нуждаются в промывке раз в 2—3 года</p>
		<p>Глубина залегания грунтовых вод более 10 м, а минерализация их не превышает 1 г/л. Качество грунтовых вод для орошения земель хорошее, так как ирригационный коэффициент превышает 90, а сода отсутствует. Использование их для полива возможно при естественном дренировании</p>



землях с учетом аридных условий Казахстана, внедрены рекомендации по мелиорации рисовых полей с учетом экономии поливных вод, а также использования для полива коллекторно-дренажных вод.

Перед мелиоративной гидрогеологией в одиннадцатой пятилетке стоят следующие задачи:

1. Гидрогеолого-мелиоративное районирование зоны переброски стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан масштаба 1:1 000 000.

2. Продолжение научных исследований по изучению режима и баланса грунтовых вод на рисовых орошаемых землях низовья р. Или.

*Т. К. КАРАМУРЗИЕВ*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Как по прогнозам ученых-гидрогеологов, так и по практическим подтверждениям гидрогеологов, Казахстан обладает большими запасами подземных вод, могущими обеспечить потребности народного хозяйства республики в воде. Чтобы экономически эффективно использовать эти ресурсы, прежде всего необходимо всесторонне изучить технические возможности и экономическую целесообразность использования подземных вод в тех или иных районах.

Определение экономической эффективности использования подземных вод Казахстана требует раскрытия некоторых определений, связанных с пониманием смысла слов «использование» и «эффективность».

Использование — это конечная стадия процесса воспроизводства запасов, обустройства и эксплуатации месторождений подземных вод, доставки их до потребителя. Использовать можно готовый (добытый) и имеющийся на виду у потребителя общественный продукт. Прежде чем потреблять воду, необходимо доставить ее от водоисточника по единому коллектору. Для этого подземные воды нужно собрать из различных водозаборных скважин, строительство которых возможно, если месторождение подземных вод обладает соответствующими запасами, подготовленными после разведочных работ. Разведочные работы проводятся на перспективных площадях, выявленных в результате поисковых работ, которым предшествует тщательное изучение закономерностей формирования и размещения подземных вод.

Следовательно, процесс использования подземных вод начинается с первой научной разработки и кончается непосредственной подачей воды потребителям, составляя единый цикл. Поэтому под словом «использование» следует подразумевать совокупность всех стадий работ, входящих в единый цикл воспроизводства запасов и процессов извлечения, сбора, доставки и распределения подземных вод потребителям.

Эффективность — это выгодность, которая определяется соотношением полученных результатов с затратами общественного труда на весь цикл использования подземных вод. Конечным результатом использования подземных вод является величина потребляемого их объема. Хотя процесс использования начинается с изучения закономерностей формирования и размещения подземных вод, конечный результат получают в последней стадии — в стадии распределения необходимого объема потребителям.

Полные затраты общественного труда складываются из затрат на воспроизводство запасов подземных вод, создание и эксплуатацию комплекса по извлечению, сбору, доставке и распределению подземных вод. Трудоемкость полученных конечных результатов измеряется отношением полных затрат к объему конкретно потребляемых подземных вод. В этом заключается сущность определения экономической эффективности использования подземных вод.

В зависимости от характера водопотребления меняется структура результатов и затрат общественного труда. Водопотребление в народном хозяйстве можно разбить на три вида потребителей: а) население городов, рабочих и сельских поселков с промышленными и стационарными сельскохозяйственными предприятиями; б) орошаемое земледелие; в) обводнение пастбищных территорий.

Первые потребители используют подземные воды в течение всего года и круглые сутки. Следовательно, для этих целей водозаборные скважины должны работать постоянно, при этом структура организации водоснабжения складывается из воспроизводства запасов, извлечения, сбора, доставки, хранения и распределения подземных вод.

Иначе выглядит процесс использования подземных вод для орошения и обводнения пастбищ. Здесь нет необходимости в перекачке на дальние расстояния, так как орошение осуществляется за счет источников, расположенных на массивах орошения и вблизи них. Для обводнения пастбищ не требуется сбора подземных вод, так как одна скважина обеспечивает несколько водопойных пунктов.

Особенности использования подземных вод для этих потребителей заключаются в том, что на орошение потребляется вода в большом, а на обводнение пастбищ — в малом объеме. В этой связи для орошения земель необходимо пробурить несколько скважин, для обводнения нескольких водопойных пунктов достаточно иметь одну скважину.

Для целей орошения основной объем воды потребляется в летние месяцы, особенно в июне и июле. Больше половины годового объема расходуется в эти два месяца. Такое неравно-

мерное потребление требует, чтобы суммарные дебиты водо-заборных скважин составляли столько, сколько нужно для обеспечения потребностей орошаемого земледелия в месяц наибольшего водопотребления. Отношение объема воды, потребляемой за вегетационный период, к объему подземных вод, извлекаемых при постоянном функционировании всех водо-заборных скважин за год, составляет коэффициент использования мощностей водозаборов. Расчеты показывают, что эти коэффициенты колеблются от 19 до 35%. Эта специфика использования подземных вод для орошения должна учитываться при планировании их использования.

При обводнении пастбищ ограничивающим фактором использования подземных вод является объем водопотребления. Расчеты показывают, что на одном водопойном пункте объем потребляемой воды не превышает 20 м<sup>3</sup>/сут. Обеспечение этой потребности возможно из водоисточника с дебитами от 0,24 л/с при круглосуточном функционировании водоподъемного оборудования до 2,8 л/с при работе в течение двух часов. Такие дебиты могут иметь шахтные или трубчатые колодцы с соответствующими емкостями для хранения объема воды, накапливаемой за сутки. Но колодцы из-за частого колебания уровня грунтовых вод не всегда являются надежными источниками для обводнения пастбищ в пустынных и полупустынных районах, поэтому животноводы республики в последнее время прибегают к использованию артезианских вод. Дебиты скважин, вскрывающих эти глубокие горизонты, обычно выше, чем необходимая потребность в воде для водопоя скота, их мощности в лучшем случае используются на 1—2%, а иногда и меньше. В силу этого экономически целесообразно использовать артезианские скважины для обводнения пастбищных участков, количество которых равно величине дебита скважины, деленной на величину секундной водопотребности на одном водопойном пункте. Обводнение предлагается по схеме «скважина — радиальные водопроводы», т. е. от одной скважины в радиальном направлении должны быть разветвлены пастбищные водопроводы.

В настоящее время в Казахстане на период до 2000 г. намечается обводнение пастбищных территорий осуществлять за счет строительства водопроводов большой протяженности. Расчеты показывают, что затраты на перекачку воды прямо зависят от расстояния: чем больше протяженность водопровода, тем выше затраты на их строительство и эксплуатацию, а следовательно, выше стоимость воды. Использование подземных вод для обводнения пастбищ по схеме «скважина — радиальные водопроводы» в значительной степени дешевле доставки воды из дальних источников по пастбищным водо-

проводам. Например, использование местных подземных вод на территории Кызылкумов и Бетпак-Далы позволит сэкономить около 9 млн. руб. за счет отказа от строительства пастбищных водопроводов протяженностью 1000 км каждый.

В повышении экономической эффективности использования подземных вод значительную роль играют правильная организация и гибкое управление процессами использования подземных вод. В настоящее время вопросами воспроизводства запасов подземных вод занимаются специализированные организации по науке (Институт гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР) и поисково-разведочным работам (производственное объединение Казгидрогеология). Вопросами извлечения, сбора и доставки подземных вод потребителям занимаются различные ведомства: водоснабжением городов, рабочих и сельских поселков — предприятия Министерства коммунального хозяйства; обводнением — многочисленные колхозы и совхозы; орошением — предприятия Главного управления по использованию подземных вод для орошения. Может оказаться, что на одном месторождении подземных вод скрестятся интересы всех трех ведомств. Естественно, каждый из этих потребителей постарается использовать ресурсы по своему усмотрению, забывая о вопросах научной разработки данного месторождения и о необходимости соблюдения оптимального режима отбора подземных вод.

Эффективное использование подземных вод требует бережливого, научно обоснованного их расходования в течение многих лет с целью полного обеспечения потребностей народного хозяйства. Для этого необходимо постоянно изучать режим работы всех месторождений подземных вод. Такие работы под силу организациям, находящимся в системе одного министерства, одного ведомства, точнее единого хозяина подземных вод в масштабе республики.

Таким образом, напрашивается вывод, что эффективное использование ресурсов подземных вод в республике возможно только при условии создания одного специализированного министерства (объединения) по использованию подземных вод Казахстана по типу Министерства (объединения) нефтедобывающей промышленности.

*В. Ф. ШЛЫГИНА*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД — ОСНОВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕСУРСАМИ И РЕЖИМОМ**

Проблема «Формирование, размещение, зональность, классификация ресурсов подземных вод как теоретическая основа водообеспечения народного хозяйства», поставленная У. М. Ахмедсафиним, с первых дней организации Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР заняла в его программах ведущее положение. В ней соединены два основных направления развития гидрогеологии как науки. Первое было признано важнейшим на I Гидрогеологическом съезде и определено девизом: «Подземные воды — на службу социалистическому строительству». Второе, обоснованное Ф. П. Саваренским в качестве главной теоретической задачи гидрогеологии, ставило выяснение закономерностей формирования подземных вод. По этому направлению проводила свои исследования Лаборатория гидрогеологических проблем АН СССР.

Институт гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР сконцентрировал внимание на гидрогеологических структурах, подземные воды которых имеют важное народнохозяйственное значение, и разрабатывает научные основы их рационального использования и охраны.

Нами рассмотрены вопросы, связанные с формированием и использованием подземных вод конусов выноса как основы прогнозирования ресурсов и управления их режимом. Работы в этом направлении проводились У. М. Ахмедсафиним, В. Ф. Шлыгиной при участии Ф. В. Шестакова, В. М. Мирласа, Л. П. Витвицкой, М. Т. Турлыбекова. Моделирование выполнено во ВСЕГИНГЕО Г. А. Шином и Э. М. Руденко под руководством И. И. Крашина и Д. И. Пересунько.

Среди гидрогеологических структур конусы выноса горных рек в альпийском орогенном поясе Южного и Юго-Восточного Казахстана — один из важнейших структурно-геоморфологических гидрогеологических элементов. В них возникают своеобразные водоносные системы, где такие объекты, как подземные воды — породы — реки, объединяются некоторым регулярным взаимодействием и взаимной зависимостью всех параметров гидрогеологического процесса.

Несмотря на относительно небольшие площади, они как сейчас, так и в давние времена имели важное значение. На конусах выноса и около них располагались населенные пункты и богатые земельные угодья, чему всегда в немалой степени способствовали обильные подземные воды. Они широко распространены в межгорных и предгорных артезианских бассейнах альпийских орогенных поясов и известны не только в Казахстане. Здесь сосредоточены огромные запасы и ресурсы высококачественных подземных вод и самых высокопроизводительных коллекторов. Только в Казахстане их вековые и многолетние запасы оцениваются в 900 млрд. м<sup>3</sup>, а ежегодное восполнение превышает 250 м<sup>3</sup>/с (шестая часть всех восполняемых ресурсов Казахстана). Прогнозные эксплуатационные запасы превышают 300 м<sup>3</sup>/с. Эти месторождения подземных вод активно разведываются и по ним наиболее уверенно утверждаются эксплуатационные запасы. Показательно, что к настоящему времени процент утвержденных запасов по сравнению с прогнозными здесь наиболее высок. Из всех разведанных и утвержденных к использованию эксплуатационных запасов подземных вод Казахстана доля конусов выноса весьма существенна: 36% по высоким и 42% по сумме всех категорий. Однако особенности геолого-геоморфологические и гидрогеологические таковы, что заставляют нас относиться к этим месторождениям подземных вод более внимательно, чем к гидрогеологическим системам других типов.

Известно, что конусы выноса как краевые части межгорных и предгорных впадин водообильны не в одинаковой степени. Кроме размеров и водности рек, их создавших, большое значение имеет глубинное строение участков их размещения. Наиболее водоносны те из конусов выноса, которые расположены в зонах глубоких предгорных прогибов. Здесь вследствие унаследованного накопления грубообломочных отложений альпийской орогенической эпохи мощности коллекторов достигают 600 м, а за пределами Казахстана известны мощности еще более значительные.

Усиленное питание метеорными водами обеспечено высокой проницаемостью отложений, отсутствием в валунно-галечниковой толще водоупоров, особенно на контакте с горами, глубоким дренажом горных систем, поглощением речных, талых, паводковых, ирригационных, дождевых вод.

Но при этом следует особо подчеркнуть наличие обратного, чем у дневной поверхности, падения водоупорного ложа в сторону гор, отчетливую гравитационную дифференциацию материала, огрубение осадков снизу вверх. Они приводят к резкому сокращению мощностей водоносной толщи по мере удаления от гор и ухудшению водообильности сверху вниз. Уже

на расстоянии 10—20 км от гор единая валунно-галечниковая толща расслаивается на множество водоносных горизонтов, сокращается живое сечение потока, 50—70% его выходит на поверхность, формируя карасу. Одной из важнейших особенностей является близкое соседство областей питания и рассеивания подземного потока, ограниченные размеры площадей питания, преобладание местного питания над транзитным. Все это создает высокую реактивность гидрогеологической системы и ее уязвимость.

Особенности формирования подземных вод конусов выноса в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях изучались на Алма-Атинских конусах выноса. Алма-Атинские действующие водозаборы были использованы как природная лаборатория. В течение 20 лет изучались закономерности формирования, баланс подземного потока, была создана система гидрогеологических и математических моделей, которые реализованы на машинах УСМ-1 и АЦВК «Сатурн-2» во ВСЕГИНГЕО (в содружестве с которым институт работал 10 лет).

Воспроизведение на модели эксплуатационного режима подземных вод позволило проверить корректность научных представлений о формировании подземных вод, так как в единую систему оказались увязанными все параметры гидрогеологического процесса: граничные условия, водопроводимость отложений, уровни, взаимосвязь между водоносными горизонтами и с поверхностными водами.

Решена серия прогнозных задач, разработаны рекомендации по управлению их режимом и режимом эксплуатации.

Натурными наблюдениями установлено весьма длительное (около 20 лет) существование неустановившегося режима фильтрации, поддерживаемое постоянным увеличением водоотбора и замедленным перераспределением внутрипластового давления в напорных водоносных горизонтах, развитие региональных депрессий в уровнях грунтовых (около 380 км<sup>2</sup>) и напорных (около 1000 км<sup>2</sup>) водоносных горизонтах. Установлены анизотропия водопроводимости, разрыв уровней водоносных горизонтов и образование висячих водоносных слоев, инверсия областей расходования подземного потока в дополнительные области питания, уменьшение модулей вертикального перетекания, смещение истоков карасу со скоростью 100 м/год и уменьшение их водности вследствие сокращения высачивания подземных вод по всей длине их русел. Кроме того, выявлена зависимость коэффициентов эксплуатационной водоотдачи от условий питания подземных вод и колебания их от 0,2 до 7,0, взаимное влияние водозаборов соседних конусов выноса и водозаборов напорных водоносных горизонтов и це-



лый ряд других, ранее не известных явлений. Следует подчеркнуть, что уменьшение стока карасу происходит не в результате истощения запасов подземных вод (понижения уровня составляют за 20 лет эксплуатации только 10% от мощности водоносной толщи), а в результате гидродинамической перестройки, очень реактивной вследствие близкого соседства областей питания и расходования подземных вод системы.

Прогнозирование с использованием моделей, реализованных на машинах АВМ УСМ-1 и АЦВК «Сатурн-2», позволило определить параметры длительных промышленных и антропогенных гидрогеологических процессов. Так, например, при «замораживании» водоотбора на современном уровне ( $12 \text{ м}^3/\text{с}$ ) в Алма-Атинском промышленном районе неустановившийся режим в гидродинамической системе будет сохраняться еще 20 лет, однако темпы изменения в положении уровней резко сократятся. На Алма-Атинских конусах выноса развитие депрессионной воронки будет продолжаться во всех направлениях, вплоть до водонепроницаемых границ, но на север и юг медленнее, чем в широтном, параллельном горам направлении. На юге распространение депрессионной воронки сдерживается большими гидравлическими уклонами потока, на севере, на периферии конусов выноса, — преобразованием зоны высачивания подземных вод в дополнительную область их локального питания. Максимальные понижения ожидаются на 40—60 м ниже статических, а на Талгарском — на 18—20 м. В зоне сочленения конусов выноса с предгорной равниной эксплуатационные откачки по-разному будут влиять на уровни грунтовых, слабонапорных и высоконапорных горизонтов. В грунтовом горизонте понижение уровней в предстоящие 20 лет проявится в зоне шириной до 4 км севернее бывших истоков карасу. В напорных водоносных горизонтах снижение пьезометрических уровней ожидается на всей площади их распространения: 25—30 м — в неглубоко залегающих (менее 150 м) и 60—100 м — в глубокозалегающих. Разрыв уровней грунтовых и напорных вод, изученный в природе на участке сочленения конусов выноса с предгорной равниной, будет увеличиваться по площади и в разрезе. Замедленная нисходящая фильтрация из-за большого количества глинистых прослоев вызовет образование висячих водоносных линз. При сохранении водоотбора до 2000 г. на уровне 1977 г. и уровне воды в Капчагайском водохранилище 475 м на водораздельных пространствах Каскелен — Малая Алматинка — Талгар — Иссык изменений в уровне грунтовых вод не ожидается (влияние канала Чилик — Алма-Ата не изучалось). Заметные изменения будут наблюдаться на побережье Капчагайского водохранилища: вследствие пересечения уровней грунтовых вод и каймы

капиллярного поднятия с дневной поверхностью будут происходить заболачивание, образование солонцов и солончаков на расстоянии 4—11 км от берега. Влияние подпора на подземный поток при уровне воды в Капчагайском водохранилище, равном 485 м, будет распределяться до гидроизогипсы 500—510 м.

В напорных горизонтах второго и третьего расчетных слоев формирование пьезометрической поверхности прогнозируется так: в неглубоких имеется тенденция к подъему уровней на 2—6 м в зоне влияния Капчагайского водохранилища и к значительному понижению на периферии Алма-Атинских (30 м) и Талгарского (10—15 м) конусов выноса. Понижение пьезоуровней плавное — 0,2—0,5 м/год. В глубоких напорных водоносных горизонтах влияние Капчагайского водохранилища на модели не проявилось. На всей территории происходит их снижение на 10—35 м. Вариантные эксперименты на модели ясно показали, что любое изменение водоотбора, сооружение новых водозаборов, поливы, подъем уровней в Капчагайском водохранилище вызывают перестройку гидродинамической системы. Так, например, при включении на модели новых водозаборов Иссык-Тургенских конусов выноса происходит быстрое понижение уровней в водозаборах г. Алма-Аты, Покровки, на Талгарском конусе выноса.

Интересны прогнозы стока карасу. Как показывают варианты проработки на модели, уменьшение их водности не будет пропорциональным водоотбору. Включается механизм инверсии — частичное сохранение стока вследствие уменьшения потерь на испарение. Полное исчезновение карасу ожидается в истоках тех рек, где питание осуществлялось грунтовыми водами и где уровни напорных вод упадут ниже поверхности земли и будет происходить осушение грунтов верхней части геологического разреза.

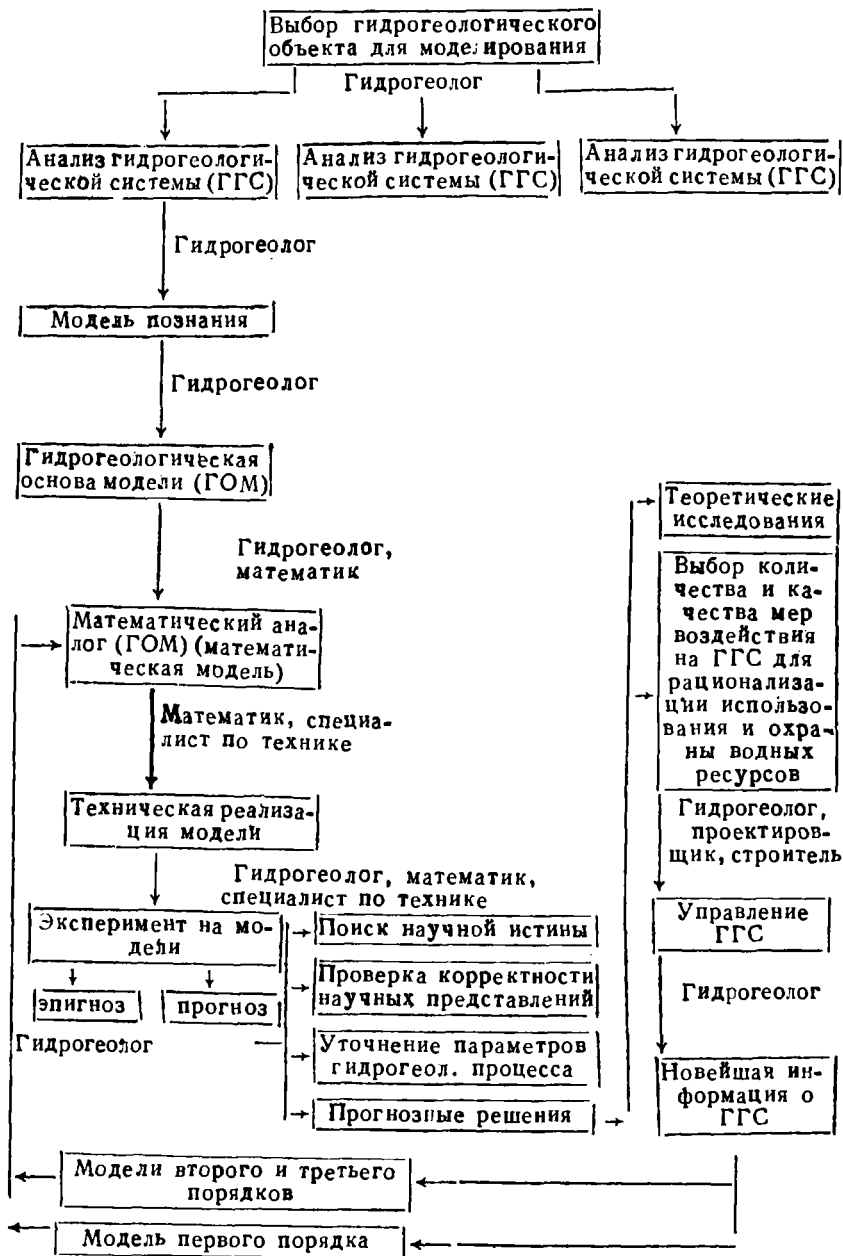
К сожалению, отмечаемая высокая реактивность гидродинамической системы конусов выноса учитывается далеко не всегда. Например, в районе Алма-Аты область питания подземных вод интенсивно застраивается, бетонируются русла рек и каналов, питающих подземные воды, был проект взять весь сток р. М. Алматинки в изолированную водопроводную сеть, без ограничений бурятся все новые и новые гидрогеологические скважины (в районе Алма-Аты их более 1500), а водами карасу проектируется орошение новых земель. Очевидно, пришло время сознательно управлять процессом формирования подземных вод и режимом их эксплуатации.

На модели было исследовано влияние искусственного питания подземных вод. Установлено, что спуск под землю 1,9 м<sup>3</sup>/с паводковых излишков поверхностного стока на Алма-

Атинских конусах выноса вызывает уменьшение темпов снижения уровней в несколько раз и приводит к их стабилизации в грунтовых и напорных водоносных горизонтах. Влияние искусственного питания на напорные горизонты, как показывают эксперименты на модели, распространяется на расстояние 18—26 км от очагов питания на конусах выноса.

Для сознательного управления режимом подземных вод оптимальным решением является создание постоянно действующих или периодически воспроизводимых моделей, под которыми понимается средство контроля и управления продолжительными промышленными гидрогеологическими процессами. По существу, такая модель Алма-Атинского промышленного района уже создана и может работать по системе «запрос — ответ» на АВМ УСМ-1 и на АЦВК «Сатурн-2» (ВСЕГИНГЕО) при условии обеспечения ее новейшей гидрогеологической информацией и повторного проигрывания после введения поправок. Для Алма-Атинского промышленного района постоянно действующая модель должна быть создана в г. Алма-Ате, для чего необходимы разработка программ для серийных ЭВМ и организация службы информации. Наиболее сложной представляется организация ввода новейшей информации. Возможны два случая: автоматизированная прямая — обратная связь с непрерывным поступлением новейшей информации от действующих водозаборов или разовый ее ввод при создании периодически воспроизводимой модели. Поэтому следует говорить о моделях нескольких порядков. Модели первого порядка с периодическим вводом новейшей информации и проигрыванием после введения поправок (ПВМ) создаются на основе научных обобщений для крупных гидрогеологических систем, модели второго и третьего порядков с прямой — обратной автоматизированной связью (ПДМ) — для действующих водозаборов. В рассматриваемой проблеме обнаруживается связь нескольких исследовательских задач: в научном плане — развитие новой методики по изучению необходимых для моделирования параметров гидрогеологического процесса в естественных и нарушенных условиях; в производственном — опробование метода на объекте и его эксплуатация (см. схему). Опыт создания моделей в Алма-Атинском промышленном районе показал, что традиционные гидрогеологические исследования — съемка, разведка, обобщение материалов — недостаточно информативны для ПДМ и ПВМ. Они определяют в основном стационарные параметры. Необходимо развитие новых методов исследований, направленных на изучение нестационарных параметров меняющегося во времени процесса: пространственных и временных связей водоотбора с понижениями уровней, питания и расходования подземных вод и

**Схема взаимодействия, взаимной зависимости, последовательности операций и сотрудничества специалистов разного профиля при создании Алма-Атинского промрайона**



ные условия моделируемого объекта ретроспективно и на перспективу. Необходимо переходить к картированию формирования подземных вод с количественной оценкой параметров гидрогеологического процесса.

Исследование и применение ПДМ и ПВМ в гидрогеологии только начинает развиваться. При широком практическом их применении можно ожидать появления большого количества новых данных в области управления гидрогеологическими системами конуса выноса.

Несмотря на то, что использование подземных вод в настоящее время намного меньше разведанных и утвержденных запасов (и тем меньше прогнозных эксплуатационных запасов), а понижения составляют лишь 10% от мощности толщи, в интенсивно осваиваемых предгорных районах следует начинать практические опыты по искусственному увеличению питания подземных вод конусов выноса в самых ранних стадиях их эксплуатации, учитывая особенности этой своеобразной гидродинамической системы.

Реальность управления режимом подземных вод доказана на практике и на модели в Алма-Атинском промышленном районе. Искусственное питание подземных вод вызывает стабилизацию уровней, повышает удельную производительность водозаборов, увеличивает коэффициенты эксплуатационной водоотдачи, восстанавливает (в какой-то мере) сток карасу.

Современные методы, применяемые в гидрогеологии, позволяют не только использовать, но и с высокой надежностью управлять гидрогеологическими процессами, определять оптимальный режим эксплуатации, сохранять и приумножать водные богатства недр на основе точного знания законов их формирования.

У. М. АХМЕДСАФИН

## АРИДНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОГО ПРИБАЛХАШЬЯ И ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ оз. БАЛХАШ

Две крупные структурные впадины — Илийская и Южно-Прибалхашская — определяют гидрогеологическую позицию Балхаш-Илийского бассейна. Наибольший интерес с точки зрения использования природных ресурсов и сохранения оз. Балхаш представляет Южно-Прибалхашская впадина (почти 0,5 млн. га пахотнопригодных земель и 6,5 млн. га пастбищ), расположенная в чрезвычайно засушливых пустынных климатических условиях. Без широкого использования водных ресурсов здесь практически невозможно нормальное развитие производительных сил. Крупная водная артерия — р. Или — должна удовлетворять нужды энергетики, способствовать созданию обширных рисовых плантаций на площади до 100 тыс. га и поддержанию оптимального уровня и минерализации оз. Балхаш. В этих условиях в качестве дополнительного источника выступают широко распространенные здесь подземные воды.

В геолого-структурном отношении Южное Прибалхашье представляет собой обширную впадину, выполненную мезозой-кайнозойскими слабоуплотненными и рыхлыми образованиями мощностью до 1000 м. Наибольшее значение для гидрогеологии имеют повсеместно развитые аллювиально-озеро-эоловые рыхлые разнозернистые и мелкозернистые пески четвертичного возраста мощностью до 100—200 м. Местами в предгорьях, в некоторых долинах рек они сменяются гравийно-песчаными и галечниковыми породами. Все эти рыхлые отложения как губка впитывают зимне-весенние атмосферные осадки, периодически выпадающие в больших количествах (как, например, в 1976 г.), снеготалые воды окружающих горных склонов, речные воды, глубокий подземный сток, поступающий по тектоническим разломам и трещинам. Указанные водные источники в течение тысячелетий образовали грунтовые потоки мощностью 100—200 м,двигающиеся от гор в сторону оз. Балхаш.

Наиболее значительные потоки грунтовых вод приурочива-

ются к современным и отчасти древним долинам рек Или, Каратал, Аксу, Лепсы и Аягуз, расходы их по поперечному профилю колеблются от 0,5 до 2 м<sup>3</sup>/с. Большая часть грунтового стока, направленного в сторону оз. Балхаш, на своем пути испаряется путем транспирации растениями, и только очень небольшая доля поступает в оз. Балхаш. По предварительным подсчетам, которые требуют детального уточнения, расход воды, поступающей в озеро с юга и отчасти с Северного Прибалхашья, составляет не более 15 м<sup>3</sup>/с. Подземный сток поступает в основном по современным руслам рек Джидели, Или, Тапар, Баканас, Каратал, Аксу и Аягуз. На юге, в центре Южного Прибалхашья и в приречных зонах грунтовые воды относятся к ультрапресным и пресным гидрокарбонатного кальциево-магниевого и натриевого состава, а с удалением в сторону Балхаша, особенно в междуречье рек Или и Каратал, минерализация их повышается до 1—3 г/л и состав становится сначала гидрокарбонатно-сульфатным, затем сульфатным (3—5 г/л). У побережья озера минерализация грунтовых вод местами достигает 10—30 г/л, и они приобретают сульфатно-хлоридный и хлоридный состав.

Глубины залегания грунтовых вод, за исключением песчаных массивов Сартаукум, Жуанкум, Этдельпык, бугров и гряд, где они достигают 50—100 м, повсеместно не превышают 5—10 м и, следовательно, легко доступны для эксплуатации всеми видами водокаптажных сооружений.

Вековые запасы доброкачественных подземных вод только четвертичных отложений района, по предварительным подсчетам с использованием минимальных значений водоотдачи пород, составляют около 700 млрд. м<sup>3</sup>, которые ежегодно возобновляются в размере около 1,7 млрд. м<sup>3</sup>. Это огромное подземное озеро, по объему воды почти в 7 раз превышающее Балхаш, представляет большое научное и практическое значение. При повсеместной постепенной сработке в течение 100 лет запасы грунтовых вод, заключенных только в половине мощности водоносного горизонта вместе с 70% ежегодно возобновляемых ресурсов, позволят извлекать из недр до 160 м<sup>3</sup>/с воды. Возможность извлечения таких больших водных ресурсов появится только в XXI в., когда промышленно-технический и экономический потенциал страны станет более мощным.

Рассмотрим перспективы освоения указанных водных ресурсов в ближайшие 20—25 лет. Наибольший интерес представляют сейчас запасы грунтовых вод, заключенных в древних террасах или древней дельте р. Или, где располагаются Акдалинский и Баканасский пахотнопригодные земельные массивы, интенсивно осваиваемые под сельскохозяйственные культуры.

Прогнозные исследования, большей частью основанные на разведочных данных, показывают, что при минимальных значениях водоотдачи вековые запасы здесь измеряются следующими цифрами: на Акдалинском массиве орошения площадью 400 тыс. га и мощностью водоносного горизонта 200 м они составляют 120 млрд. м<sup>3</sup> с удельными значениями запасов около 20 млн. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>; на Баканасском треугольнике площадью 600 тыс. га и мощностью водоносного горизонта 100—200 м не превышают 110 млрд. м<sup>3</sup>. Удельное значение запасов колеблется от 18 млн. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup> на юге до 6 млн. м<sup>3</sup> на северо-востоке дельты.

Прогнозные региональные эксплуатационные ресурсы грунтовых вод с минерализацией до 1 г/л и отчасти до 2—3 г/л, определенные методом, основанным на сработке половины мощности водоносного горизонта и приобщении 70% ежегодно возобновляемых запасов, составляют на Акдалинском массиве 28 м<sup>3</sup>/с, а на Баканасском — около 21 м<sup>3</sup>/с при непрерывном извлечении. Следовательно, общие эксплуатационные ресурсы достигают почти 50 м<sup>3</sup>/с. Наши расчеты сделаны исходя из непрерывного извлечения запасов (днем и ночью) на протяжении всего 100-летнего периода. Но в действительности отбор подземных вод, предназначенных в основном для полива сельскохозяйственных культур, особенно идущих на корм скоту, будет осуществляться только в вегетационные периоды, т. е. на протяжении всего пяти месяцев в году и только в дневные часы. Это дает возможность при необходимости увеличить расход воды из водоносного горизонта в вегетационный период за счет экономии в другое время, когда происходит пополнение запасов в 1,5—2 раза. Если даже увеличить отбор только в 1,5 раза, на Акдалинском массиве это составит 42 м<sup>3</sup>/с, на Баканасском — до 31 м<sup>3</sup>/с, суммарно более 70 м<sup>3</sup>/с (свыше 2 км<sup>3</sup>/год).

Такие большие запасы пресных доброкачественных грунтовых вод на территории пустынь, подлежащих освоению, безусловно, являются дополнительным резервом в решении важных водохозяйственных задач. Необходимо подчеркнуть широкое площадное их распространение, очень близкое залегание к поверхности (на Акдале — 3—5 м, а на Баканасах — 5—10 м). Все это даст возможность в рассматриваемых районах на любом участке с помощью хорошо оборудованных фильтрами скважин диаметром 50—75 см, позволяющих опускать в них мощные погружные электронасосы, выводить на поверхность в зависимости от водоотдачи пород 50—100 л/с воды. При этом небольшой групповой водозабор всего из 10 скважин, соединенных единым автоматическим управлением, позволит подавать на орошаемые поля до 0,5—1,0 м<sup>3</sup>/с воды,



что достаточно для орошения 500—1000 га земель. Крупный водозабор из 100 скважин на любом участке без особых перебросок может обеспечить получение 5—10 м<sup>3</sup>/с воды, позволяющей орошать от 5 до 10 тыс. га земель. Для извлечения близкозалегающих вод могут быть использованы не только скважины, но и дренажные каналы, высокодебитные шахтные колодцы и даже котлованы, полученные при взрывах.

Водные ресурсы в размере около 70 м<sup>3</sup>/с, используемые в комплексе с поверхностными в основном для орошения (например, на Акдале), позволяют решать следующие задачи:

1. Увеличить водообеспеченность и надежность работы оросительных систем, особенно удаленных от р. Или, в которые не всегда в полном объеме доставляются поверхностные воды, в результате чего урожайность полей оказывается невысокой.

2. В малоснежные годы, когда до начала таяния ледников р. Или имеет меньший сток и подача воды на орошаемые поля сокращается, путем максимального отбора грунтовых вод можно компенсировать недостающие ресурсы и обеспечить нормальную вегетацию сельскохозяйственных культур.

3. Снизить быстро прогрессирующий подъем уровня грунтовых вод на орошаемых массивах и прилегающих к ним территориях и тем самым предупредить вторичное засоление и заболачивание земель, угрожающие плодородию полей. Сейчас на Акдале грунтовые воды поднялись уже на 3—4 м и местами вызывают засоление земель, и если не принимать своевременных мер по снижению их уровня, то испарительная концентрация будет вести к повышению солей не только в почвах, но и в грунтовых водах. В дальнейшем от соленых грунтовых вод попросту невозможно будет избавиться. Если затратить большие средства на прокладку сбросных магистральных коллекторов и сбрасывать их в соседние районы, то это обусловит ухудшение качества подземных вод, если же сбрасывать их в р. Или — значит повышать минерализацию Балхаша.

4. Использование рассматриваемых 70 м<sup>3</sup>/с подземных вод в основном на орошение позволит высвобождающийся расход воды р. Или направить в оз. Балхаш, тем самым в какой-то мере задержать снижение его уровня и повышение минерализации воды.

5. Грунтовые воды в комплексе с поверхностными в периферийных зонах, значительно удаленных от массивов правильного орошения, могут успешно использоваться для автономного орошения с целью создания только оазисов для выращивания люцерны, суданки, кукурузы, урожайность которых будет превышать естественный минимум в 20—30 раз. Это позволит, с одной стороны, обеспечить животноводство стра-

ловыми запасами сочных высококалорийных кормов, с другой — улучшить структуру почв с последующим возделыванием на них гороха, сои, корнеплодов.

Использование подземных вод весьма целесообразно начать на уже осваиваемых территориях Акдалинского массива, вплоть до г. Баканаса, и несколько севернее его. Здесь для этого есть все условия: электроэнергия для откачки воды из скважин, а также специалисты (агрономы, гидротехники, механизаторы). В дальнейшем с помощью комплексного или автономного использования грунтовых вод можно переходить к освоению земель Баканасского треугольника.

Для упрощения эксплуатации грунтовых вод важно организовать автоматическое управление скважинами с одного пункта, как это практикуется в Крыму, где таким путем подземными водами орошается около 50 тыс. га земель. Этот процесс разработан, в частности в Казсельхозинституте.

При соответствующей организации материально-технического обеспечения часть ресурсов грунтовых вод (около 40 м<sup>3</sup>/с) можно было бы освоить уже в течение 10 лет, т. е. до 1990 г., а вторую часть (30 м<sup>3</sup>/с) — в более далекой перспективе, т. е. в течение следующих 10—15 лет.

Чтобы извлечь 40 м<sup>3</sup>/с грунтовых вод, в ближайшие 10 лет нужно пробурить и оборудовать 600—800 скважин общей стоимостью 6—8 млн. руб. Эксплуатация 70 м<sup>3</sup>/с к концу 20—25-летнего периода связана с бурением и оборудованием 800—1400 скважин глубиной 50—60 м общей стоимостью 14—16 млн. руб. Как видим, стоимость извлечения грунтовых вод не так высока. Наряду с орошением подземные воды можно использовать для водоснабжения населенных пунктов, обводнения пастбищ, а на левобережье р. Или с началом разработки угольных месторождений — для промышленного водоснабжения. Следует отметить, что при острой необходимости дополнительные количества воды могут быть водоводами переброшены из барханно-бугристой части песков междуречья Или — Каратал, где пахотнопригодных земель очень мало. Следует указать, что 70 м<sup>3</sup>/с, или 2 км<sup>3</sup>/год, — это количество воды, могущее заменить поверхностные воды на полях орошения и обеспечить направление вод р. Или в Балхаш для поддержания оптимального уровня западной опресненной части озера.

Как уже отмечалось, большие запасы подземных вод сосредоточены в Южном Прибалхашье. В частности, наряду с низовьем р. Или значительные эксплуатационные ресурсы, превышающие 25 м<sup>3</sup>/с, пригодные для полива, имеются в талды-курганской части Прибалхашья, где с успехом могут использоваться для создания орошаемых оазисов в предгорной равнине Джунгарского Алатау, в низовьях рек Каратал, Ак-

су, Лепсы. В других районах Южного Прибалхашья, за исключением прибрежных территорий, прилегающих к Балхашу, солоноватой части междуречья Или — Каратал, запасы доброкачественных грунтовых вод достаточны для обводнения пастбищ, сельскохозяйственного водоснабжения с помощью одиночных неглубоких трубчатых и шахтных колодцев и создания небольших оазисов для возделывания страховых запасов кормов.

В Северном Прибалхашье гидрогеологические условия коренным образом отличаются от Южного и основные эксплуатационные ресурсы подземных вод в размере  $15 \text{ м}^3/\text{с}$  сосредоточены в долинах рек Токрау, Джамши, Моинты и Аягуз, отчасти в зоне повышенной трещиноватости гранитоидов, в карбонатных породах и зонах разломов. Они используются для водоснабжения города Балхаша, рудников и рыбацких поселков, обводнения пастбищных территорий и в небольших количествах, в долине р. Токрау, для оазисного орошения.

Кроме Прибалхашья крупные разведанные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в размере  $80\text{—}100 \text{ м}^3/\text{с}$  сосредоточены в Илийской впадине, в частности в предгорной равнине Заилийского Алатау, и в комплексе с поверхностными водами их можно использовать для мелиорации земель. Уже в одиннадцатой пятилетке подземные воды в размере  $18 \text{ м}^3/\text{с}$  будут направлены на орошение. При соответствующей организации подземные воды Южного Прибалхашья и Илийской впадины могут рассматриваться как значительный дополнительный резерв для перспективного водообеспечения народного хозяйства обширных территорий Семиреченского края.

Изложенный материал позволяет перейти к вопросу о перспективах сохранения оз. Балхаш, которое является важным фактором не только социально-экономического развития региона, но и охраны окружающей среды от дальнейшего опустынивания. Сейчас всем ясно, что с уменьшением поступления воды из р. Или в оз. Балхаш уровень его заметно понизился (на  $1,4 \text{ м}$ ), а минерализация повысилась уже до  $1,8 \text{ г/л}$ . В дальнейшем, с комплексным освоением водных ресурсов р. Или и ее притоков, процесс обмеления Балхаша будет быстро прогрессировать. В этих условиях, как нам представляется, легче всего сохранить западную пресноводную его часть и дельту р. Или путем возведения Узун-Аральской плотины. Но, на наш взгляд, когда гидрологический и гидрохимический режим пролива в настоящее время изучен слабо, и, следовательно, взаимосвязь западной и восточной частей озера также остается не совсем ясной, одна перемычка не может принести должного эффекта. Согласно документальным данным, средняя годовая величина пропуска воды через Капчагайскую плотину состав-

ляет всего 11,9 км<sup>3</sup>. Из них уже сейчас безвозвратно теряется на орошаемых полях Акдалы и Баканаса 0,6 км<sup>3</sup>, в русле реки на фильтрацию — около 1,4 км<sup>3</sup> (10% от расхода реки), в многочисленных озерах, разливах и зарослях камыша, занимающих половину дельты, и в результате испарения (до 700 мм/год) расходуется не менее 3,5 км<sup>3</sup>. Фактически в Балхаш поступает около 6,4 км<sup>3</sup> илийской воды да плюс 1 км<sup>3</sup> атмосферных осадков и подземного стока, в результате западная часть Балхаша получает 7,4 км<sup>3</sup>. При средней многолетней величине испарения в районе озера 900 мм/год с площади зеркала Западного Балхаша, равной 8700 км<sup>2</sup>, теряется около 8,0 км<sup>3</sup> воды. Следовательно, в западной части озера для установления равновесия между поступлением и расходом ежегодно не хватает около 0,6—0,8 км<sup>3</sup> воды. Это равнозначно ежегодному снижению уровня озера на 6—8 см в год с учетом естественного многолетнего падения уровня это примерно соответствует действительности. Уменьшение объема воды в озере обуславливает повышение концентрации солей. Таким образом, основная причина обмеления озера и увеличения минерализации воды, на наш взгляд, кроется в сокращении приходной части его водного баланса за счет уменьшения поступления воды из р. Или. В этих условиях возведение только одной Узун-Аральской перемычки, по всей вероятности, не сможет помочь поддержанию оптимального уровня и минерализации Балхаша. Тем более, что из-за постоянного увеличения забора воды из р. Или на орошение в различных ее частях и из притоков произойдет дальнейшее сокращение поступлений воды в оз. Балхаш.

Положение еще более ухудшится, когда Китай увеличит отбор Илийской воды. Единственно, чем сможет помочь Балхашу Узун-Аральская перемычка, — это оградить западную, более пресную часть от поступления солоноватых вод Восточного Балхаша. Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что для сохранения Балхаша и части дельты р. Или следует осуществить комплекс мероприятий:

1. Необходима реконструкция ирригационной системы Балхашского бассейна, достигающей 0,5 млн. га. Это позволит предотвратить потери  $\frac{1}{3}$  ресурсов, которые уходят главным образом на фильтрацию. Если уменьшить повышенные нормы поливов, например на рисовых плантациях, то можно сэкономить около 1,3—1,8 км<sup>3</sup> воды и часть ее направить в оз. Балхаш, а часть — на орошение новых площадей.

2. Необходимо уменьшить чрезмерные потери в дельте р. Или путем сокращения разливов, части озер, т. е. провести дополнительные мелиоративные мероприятия и сэкономить хотя бы 0,5—0,8 км<sup>3</sup>.

должны широко использоваться запасы грунтовых и артезианских вод. Эксплуатационные их ресурсы составляют в низовьях р. Или около  $1,0 \text{ км}^3$ , в предгорьях Заилийского Алатау —  $1,2 \text{ км}^3$ , в талды-курганской части Южного Прибалхашья —  $0,4 \text{ км}^3$ , итого около  $2,6 \text{ км}^3$ . В перспективе использование подземных вод на орошение увеличится. Это позволит, во-первых, расширить площадь орошаемых земель и, во-вторых, часть поверхностного стока направить в оз. Балхаш для поддержания его оптимального уровня. Сооружение Узун-Аральской плотины со шлюзами при наличии положительного водного баланса в западной части озера позволит не только оградить ее от соленых вод восточной части, но и создать благоприятный гидрологический режим, близкий к естественному режиму Балхаша.

4. Чтобы предотвратить дополнительный расход илийской воды на испарение и фильтрацию, уровень Капчагайского водохранилища необходимо ограничить отметкой 480 м.

Таковы возможности, которые после уточнений могут быть использованы для сохранения оз. Балхаш.

*Р. М. КУРМАНГАЛИЕВ, А. Н. ГУБАРЕВ*

## **РОЛЬ ТЕКТОНИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*(на примере Тургайского прогиба)*

Гидрогеологические исследования, проведенные в Тургайском прогибе, вскрыли новые явления, на которые прежде не обращалось должного внимания. В частности, познание тектонического строения, особенно новейшей глыбово-трещинной тектоники, роль которой в гидрогеологии Урала одним из первых осветил Н. Д. Буданов [1], позволило выявить некоторые ранее неизвестные особенности формирования и распределения подземных вод трещинно-жильного типа. Они заключаются в приуроченности пресных высокопроизводительных вод к зонам региональных тектонических разломов и локализации их в виде отдельных гидрохимических аномалий среди более минерализованных вод.

Рассмотрение природы этих гидрохимических аномалий предполагает изучение двух сторон проблемы: происхождение ресурсов подземных вод и генезис их солевого состава, которые включают широкий круг вопросов, тесно связанных между собой. Рассмотрим два вопроса (или фактора), определяющих, на наш взгляд, формирование пресных подземных вод в гидрохимических аномалиях Тургайского прогиба: 1) тектоническое развитие как основа процесса формирования подземных вод; 2) роль растворенного углекислого газа в преобразовании солевого состава подземных вод.

Как отмечалось в литературе [3, 6], в зонах тектонических нарушений, развитых в западной бортовой части прогиба, формируются высокопроизводительные, местами самоизливающиеся подземные воды. Дебиты отдельных скважин при откачках достигают 30—50 л/с. Кроме того, здесь образуются гидрохимические аномалии пресных питьевых и минеральных вод. Территориально они располагаются в бортовых и краевых частях платформенной области. Эта закономерность приуроченности большинства гидрохимических аномалий к краевым частям платформ, граничащих с горно-складчатými областями — бывшими геосинклинальными или другого типа подвижными поясами, сама по себе указывает на связь

процессов миграции флюидов с зонами тектонической активизации [5].

Подземные воды в комплексе пород складчатых структур многие гидрогеологи склонны рассматривать в связи с тектоникой отдаленного геологического прошлого. Но, как указывали еще Д. И. Щеголев и Н. И. Толстихин [14], «промежуток времени, в течение которого циркулирующая по трещине вода способна заполнить трещину отложениями и сделать ее водонепроницаемой, геологически не так велик». Древние трещины обычно замкнуты для современной циркуляции вод и оживают только в коре выветривания или в зонах нарушений, связанных с неотектоническими подвижками.

В складчатой области Западного Тургая, на границе с Восточным Зауральем, тектонические движения проявляются в основном по зонам региональных тектонических нарушений. Гидрогеологические особенности крупных тектонических зон разломов (Джетыгаринского, Тобольского, Ливановского, Уркашского) позднекаледонского и герцинского геотектогенеза на протяжении дальнейшей геологической истории неоднократно изменялись в зависимости от характера и интенсивности неотектонических процессов, протекавших на том или другом участке территории (имеются в виду в основном фазы расширения и сжатия земной коры). Неотектонические движения не только подновляли и закрывали старые разломы, но, несомненно, сопровождалась образованием и новых тектонических зон. Отсюда в складчатых областях важное значение в гидрогеологическом отношении имеет не только масштаб неотектонических движений, но и их временная характеристика — повторяемость [6].

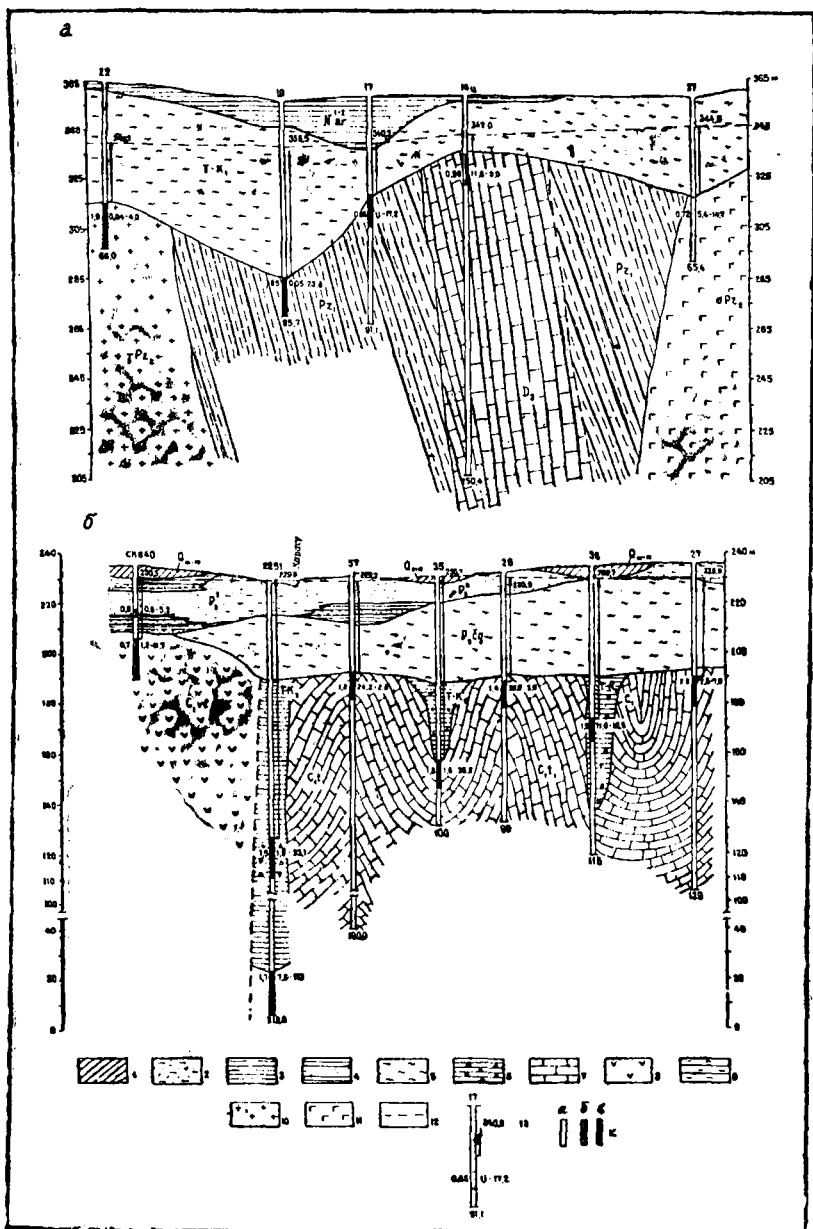
Наличие указанных тектонических нарушений определило основное направление локализации и проявления на территории Западного Тургая высокопроизводительных пресных подземных вод и их распределение (по зонам региональных тектонических разломов) в виде ряда гидрохимических аномалий. Среди этих аномалий по геологическим условиям и характеру напорности вод выделяются три вида: раскрытые, полузакрытые и закрытые (табл. 1).

Раскрытые с поверхности гидрохимические аномалии выделяются в зонах Тобольского и Джетыгаринского разломов. Они проявляются на значительной (до 137—185 км<sup>2</sup>) площади и содержат грунтовые и слабонапорные воды трещинно-жильного, реже трещинно-карстового типов циркуляции. Какой-либо закономерности в площадном распределении вод различной минерализации (так же как и зон водообильности) внутри отдельных аномалий не наблюдается. Среди пресных вод здесь иногда вскрываются солоноватые; переходы от

Таблица 1. Классификация гидрохимических аномалий солевого состава подземных вод в Тургайском прогибе

Основные группы по времени образования	Области распространения	Основные типы по генетической приуроченности	Виды аномалий по геологическим условиям, характеру напорности вод			
			Раскрытые, с преобладанием грунтовых вод	Полузакрытые, со слабонапорными водами	Закрытые, с напорными, местами самоизливающимися водами	
Древние (доплейстоценовые)	В западной части Тургайского прогиба, на границе со складчатой областью Южного Зауралья	В зонах региональных тектонических разломов	Джетыгаринского	Джетыгаринская Аккаргинская	Орджоникидзевская	Мюктыкульская
			Тобольского	Шекубаевская		
			Ливановского	Кумкольская	Покровская Вестюбинская Сахаровская	
			Уркашского			
Позднеплиоценово-плейстоценовые	В юго-восточной части Тургайского прогиба, в районе Мынбулакской впадины	В нижней части платформенного чехла (водоносный комплекс верхнемеловых отложений), над тектонической зоной Главного Каратауского разлома				Уркашская Мынбулакская





Гидрогеологические разрезы закрытых гидрохимических аномалий (месторождений) подземных вод (а — Мюктыкульский, б — Уркашский): 1 — суглинки, супеси; 2 — пески алевроитистые; 3 — глины покровные каолиновые; 4 — переслаивание глин и песков; 5 — толща водоупорных глин; 6 — глинистые коры выветривания; 7 — известняки; 8 — туфопорфириты; 9 — метамор-

внешнего контура опресненных вод к окружающим более минерализованным водам постепенные, нерезкие.

В аномалиях, относимых нами к полузакрытому типу, на глинистых образованиях мезозойской коры выветривания, а местами и на перекрывающих чеганских глинах (Покровское месторождение) залегают континентальные песчано-глинистые отложения верхнего олигоцена, которые содержат воды спорадического распространения. В этих случаях приуроченные к зоне разлома трещинно-карстовые и трещинно-жильные воды являются слабонапорными. Уровень их устанавливается на одних отметках с уровнем вышележащих грунтовых вод, поэтому возможность поступления последних в трещинные коллекторы тектонической зоны является проблематичной, за исключением отдельных участков, где олигоценные отложения залегают непосредственно на породах фундамента. Аномалии данного типа характеризуются меньшими размерами, чем раскрытые. Некоторые из них состоят из нескольких участков, разделенных более минерализованными водами (например, Покровское и Сахаровское месторождения). Переходы от пресных вод к более минерализованным как по контуру аномалий, так и внутри них, как правило, более резкие. Нередко скважины с пресной водой располагаются в непосредственной близости (до 0,7—1 км) от контура солоноватых вод. При этом и над пресными, и над солоноватыми водами тектонической зоны вышележащий горизонт олигоценных отложений содержит пресные (0,5—1 г/л) воды. Это указывает на отсутствие между ними взаимосвязи, а следовательно, и на участие последних в подпитывании трещинных вод. Отмеченная пестрота в залегании пресных вод в соседстве с солеными до сих пор не изучена. Требуется дальнейшие детальные работы по исследованию этого явления.

К закрытым аномалиям солевого состава нами отнесены Уркашская и Мюктыкульская, в пределах которых разведаны одноименные месторождения подземных вод. Уркашская аномалия приурочена к карбонатно-терригенным породам (известняки, песчаники, алевролиты) нижнетурнейского подъяруса и прослеживается полосой север-северо-восточного простирания шириной до 4—5 км. С запада она ограничена Уркашским, а с востока — Шкуркульским глубинными разломами.

---

фические сланцы; 10 — гранодиориты; 11 — серпентиниты; 12 — уровень подземных вод; 13 — скважина, цифры: сверху — номер, внизу — глубина скважины, м; слева — минерализация воды, г/л, справа первая — дебит, л/с, вторая — понижение уровня, м. Стрелка соответствует напору подземных вод. Цифра у стрелки — абс. отм. установившегося уровня; 14 — химический состав воды в опробованном интервале: а — гидрокарбонатный, б — гидрокарбонатно-хлоридный, в — хлоридный

Водосодержащие породы перекрыты водоупорными глинами чеганской свиты мощностью 40—50 м. Наиболее трещиноватые и закарстованные известняки приурочены к сводовым частям антиклинальных структур, где развиты карстово-эрозионные впадины, прослеживающиеся до глубины 180—300 м и более (см. рис.). Подземные воды напорные, высота напора над кровлей составляет 40—53 м. Пьезометрический уровень устанавливается от 14,5 м ниже до +4,5 м выше поверхности земли.

Мюктыкульская аномалия солевого состава выделяется в зоне Западно-Джетыгаринского разлома. Она приурочена к линзе верхнедевонских известняков субмеридионального простираения, протягивающейся на 6,2 км при ширине 500 м. Линза известняков окружена со всех сторон метаморфическими сланцами нижнего палеозоя. Водовмещающие породы — известняки, повсеместно перекрытые водоупорными глинами аральской свиты и мезозойской коры выветривания мощностью от 22 до 80 м (см. рис.). Помимо площадных кор выветривания в поверхности известняков отмечаются карстово-эрозионные впадины, выполненные глинистыми образованиями мелового возраста, содержащими рыхлообломочные породы с каменистым бокситом. Они прослеживаются до глубины 190—205 м и содержат подземные воды, тесно взаимосвязанные с водами известняков. По гидравлическим свойствам эти воды напорные, высота напора достигает 190 м; пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах 8—18 м.

Аналогичную картину можно наблюдать и в водах меловых отложений Мынбулакского артезианского бассейна (второго порядка), представляющего собой приподнятое юго-восточное крыло Южно-Тургайской впадины. Условия образования этой обширной (700 км<sup>2</sup>) гидродинамической и гидрохимической аномалии освещены в работе Р. М. Курмангалиева, С. А. Мукуршина [7].

Химический состав подземных вод в рассматриваемых гидрохимических аномалиях гидрокарбонатно-хлоридный и хлоридно-гидрокарбонатный натриевый, натриево-кальциевый или натриево-кальциево-магниевый. Коэффициент метаморфизации  $\frac{гNa}{гCl}$  составляет 1—2,4, т.е. имеет место, когда жесткие воды находятся на грани перехода в щелочные. На некоторых участках внутри аномалий эта грань преодолевается и воды становятся щелочными (табл. 2): преобладает содержание специфического компонента щелочных вод — гидрокарбоната натрия, значение  $\frac{гNa}{гCl}$  увеличивается до 6—10. Минерализация в зоне щелочных вод понижается до 0,5—0,3 г/л и отличается значительным постоянством с глубиной. Эффективная трещиноватость пород, установленная бурением, прослежива-

Таблица 2. Сопоставление химического состава подземных вод в пределах и за пределами гидрохимических аномалий (инверсий)

Аномалии и место их проявления	Тип вод и их приуроченность	Воды в пределах аномалий	
		Сводная формула солевого состава	Коэффициент $r_{Na}/r_{Ca}$
Джетыгаринская, в зоне одноименного разлома	Трещинно-жильные воды в метаморфических сланцах и ультрабазитах	$M_{0,2-1,1} \frac{HCO_3^{22}-72 \quad Ca^{15}-65 \quad SO_4^{12}-21}{Na^{29}-80 \quad Ca^{15}-37 \quad Mg_5-36}$	0,8-2,0
Шекубаевская, в зоне Тобольского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках $D_3$ и трещинно-жильные воды в ультрабазитах	$M_{0,4-0,8} \frac{HCO_3^{38}-74 \quad Ca^{18}-46 \quad SO_4^{17}-20}{Na^{36}-66 \quad Mg^{14}-35 \quad Ca^{14}-28}$	1,0-2,0
Бестюбинская, в зоне Ливановского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках $D_{2gv} - D_{3fr}$	$M_{0,1-0,8} \frac{HCO_3^{50}-52 \quad Ca^{28}-36 \quad SO_4^{11}-20}{Na^{51}-69 \quad Ca^{13}-25 \quad Mg^{13}-24}$	1,4-2,4
Мюктыкульская, в зоне Джетыгаринского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках $D_3$ и трещинные воды в метаморфических сланцах $PZ_1$	$M_{0,3-1,2} \frac{HCO_3^{34}-65 \quad Ca^{20}-55 \quad SO_4^{17}-18}{Na^{31}-86 \quad Ca^6-43 \quad Mg^8-36}$	1,0-3,4
Уркашская, в зоне Уркашского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках $C_{1t}$	$M_{0,8-1,1} \frac{Ca^{42}-55 \quad HCO_3^{29}-35 \quad SO_4^{16}-18}{Na^{67}-70 \quad Mg^{14}-28 \quad Ca^{15}-16}$	1,3-1,6
Мынбулакская, в юго-восточной части Тургай-вского прогиба, в районе Мынбулакской впадины	Порово-пластовые воды турон-сенонского водоносного комплекса (пески)	$M_{0,7-1,3} \frac{Ca^{28}-46 \quad SO_4^{23}-47 \quad HCO_3^{16}-29}{Na^{92}-98}$	1,9-3,5

Аномалии и место их проявления	Тип вод и их приуроченность	Воды за пределами аномалий	
		Сводная формула солевого состава	Коэффициент гNa/гС
Джетыгаринская, в зоне одноименного разлома	Трещинно-жильные воды в метаморфических сланцах и ультрабазитах	$M_{1,4-4,1} \frac{Cl31-80 \ SO^{\cdot}49-40 \ HCO^{\cdot}7-31}{Na26-68 \ Mg18-38 \ Ca10-37}$	0,6-1,0
Шекубаевская, в зоне Тобольского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках D <sub>3</sub> и трещинно-жильные воды в ультрабазитах	$M_{1,0-1,4} \frac{Cl61-73 \ HCO^{\cdot}316-27 \ SO^{\cdot}7-18}{Na43-70 \ Mg24-42 \ Ca6-21}$	0,7-0,9
Бестюбинская, в зоне Ливановского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках D <sub>2gv</sub> -D <sub>3gr</sub>	$M_{1,6-4,8} \frac{Cl68-81 \ SO^{\cdot}12-16 \ HCO^{\cdot}37-15}{Na46-64 \ Ca23-24 \ Mg13-18}$	0,6-0,9
Мюктыкульская в зоне Джетыгаринского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках D <sub>3</sub> и трещинные воды в метаморфических сланцах PZ <sub>1</sub>	$M_{1,3-2,6} \frac{Cl53-76 \ HCO^{\cdot}311-23 \ SO^{\cdot}13-22}{Na66-86 \ Mg10-23 \ Ca5-11}$	0,9-1,9
Уркашская, в зоне Уркашского разлома	Трещинно-карстовые воды в известняках C <sub>1t</sub>	$M_{1,7-2,6} \frac{Cl63-74 \ SO^{\cdot}15-26 \ HCO^{\cdot}310-18}{Na53-70 \ Mg17-20 \ Ca14-18}$	0,9-1,0
Мынбулакская, в юго-восточной части Тургайского прогиба, в районе Мынбулакской впадины	Порово-пластовые воды турон-сенонского водоносного комплекса (пески)	$M_{1,4-5,8} \frac{SO^{\cdot}29-66 \ Cl25-63 \ HCO^{\cdot}35-19}{Na88-96}$	1,1-1,5

ется до 350—400 м и, по-видимому, распространяется еще глубже.

Обзор гидрохимических аномалий позволяет перейти к вопросу о формировании химического состава подземных вод. В исследовании его важное место отводится миграции углекислого газа, под влиянием которого происходит преобразование солевого состава подземных вод, возникают гидрохимические и минералогические аномалии.

В результате возникновения современных идей об «углекислом дыхании» осадочно-метаморфических пород [10, 11] становится все очевиднее, что осадочно-метаморфические циклы в истории Земли — это своего рода инверсионные механизмы, через которые в наружных оболочках Земли образуются и определенные массы важнейших ее газов [12].

Как показал еще В. Гольдшмидт, количество углекислоты, захороненной в наружной оболочке Земли ( $1,5—2 \cdot 10^{17}$  г), на пять порядков превышает массу этого газа, находящегося в современной атмосфере ( $2,4 \cdot 10^{12}$  г). Хорошо известна и высокая оборачиваемость углекислоты в наружной оболочке Земли. Не будь механизма циклического обращения  $\text{CO}_2$ , полное удаление этого газа из атмосферы при современной скорости его расходования потребовало бы всего 3300 лет.

Глубинная дегазация связана главным образом с активными тектоническими поясами, которые характеризуются наличием глубинных разломов [4]. По данным Г. А. Толстикова [13], А. А. Розина и др. [8, 9], в пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна в весьма значительных масштабах происходит миграция углекислого газа из складчатого фундамента в перекрывающие юрские и меловые отложения. Под его воздействием формируются воды аномального химического состава, разрушаются одни и образуются другие минералы.

Являясь сторонниками этой теории, мы полагаем, что глубинный  $\text{CO}_2$  определяет многие черты гидрохимии вод Тургайского прогиба. По данным наших исследований, в составе растворенных газов в пределах отмеченных гидрохимических аномалий содержание углекислоты составляет 2,2—3,7% об., а в трещинно-карстовых водах известняков Сахаровского месторождения достигает 5% об. Для сравнения укажем, что в водах меловых отложений Северо-Тургайского артезианского бассейна количество  $\text{CO}_2$  не превышает 1,9—3,1% об., а в Южно-Тургайском бассейне — 1,8—3,3% об. Здесь необходимо учитывать и важное свойство углекислого газа переходить из газообразного состояния в жидкое при температуре ниже его критической ( $31,4^\circ\text{C}$ ). Кроме того, углекислота переходит в жидкость при давлении около 36 атм (при  $0^\circ\text{C}$ ), или 58,5 атм при обыкновенной температуре, и в форме газа не может на-

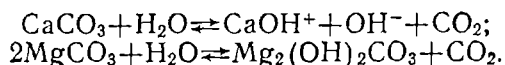
ходиться уже на глубине немногих сотен метров, где она может быть только жидкостью или в виде анионов  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . Как указывал В. И. Вернадский [2], «углекислота, растворенная в воде, входит немедленно в находящиеся в неустойчивом равновесии диссоциационные комплексы в природной воде. Эти слабосвязывающие углекислоту комплексы резко меняют свойства и состав природной воды».

Учитывая современные аспекты геотектоники и геохимии, рассмотрим процессы происхождения двуокси углерода в условиях Западного Тургая и взаимоотношение ее с подземными водами.

При активизации тектонического процесса с вертикальными перемещениями отдельных блоков в зонах глубинных разломов возникают высокие температуры, вызывающие выделение водяных паров и газов. Хорошо известна реакция образования  $\text{CO}_2$  из карбонатов под влиянием высокой температуры (термометаморфизм). В соответствии с этой реакцией все породы, содержащие карбонаты (известняки, доломиты, мергели), при достаточном повышении температуры должны выделять  $\text{CO}_2$ . Многочисленные опыты показали, что при нагревании как кристаллических, так и осадочных пород до температуры  $850^\circ$  выделяются одни и те же газы, но в разных пропорциях, причем соотношение меняется в зависимости от температуры. При нагревании около  $400^\circ$  начинают выделяться  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , затем  $\text{CO}$ . Выделение водорода и метана заметнее при более высоких температурах. Последним выделяется азот.

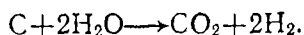
В условиях высоких температур вода является активным химическим реагентом при контакте с некоторыми веществами. Рассмотрим некоторые реакции, играющие основную роль в образовании углекислоты.

Наиболее вероятным процессом, приводящим к генерации углекислого газа при взаимодействии карбонатных пород с водой при температурах  $100\text{--}200^\circ$  и выше, является гидролиз карбонатов. Схематически эти реакции для кальцита и магнетита можно выразить следующими уравнениями:

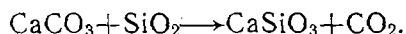


Большое количество углекислоты получается при перегонке органических остатков при нагревании пород, особенно осадочных.

Возможна такая реакция:



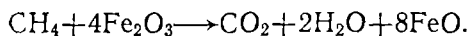
Метаморфические газы в наибольших количествах генерируются в районах более или менее интенсивно протекающего контактного метаморфизма. При внедрении магмы в осадочные или кристаллические породы из последних выделяется весьма значительное количество газов. Предполагается, что углекислый газ образуется при соприкосновении магмы, содержащей свободный кремнезем, с карбонатными породами земной коры:



Основной миграционный процесс образующегося или образовавшегося газа — это его рассеяние, что вытекает непосредственно из физического свойства газа, стремящегося распространиться во всем объеме, куда могут проникнуть его потоки и быстро движущиеся молекулы. Поэтому газ стремится распространиться в толще горных пород и уйти в атмосферу.

При «горячем» процессе миграции глубинный газ вступает в такую зону, где высокая температура сочетается со сравнительно невысоким геостатическим давлением. В этом случае при наличии окислительной обстановки происходит разложение углеводородов с образованием углекислоты и воды.

По данным П. Н. Кропоткина [4], химическое перерождение — окисление глубинного восстановленного газа — происходит при движении его через толщи красноцветных отложений богатых гидрогетитом, гематитом и пр.:

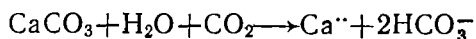
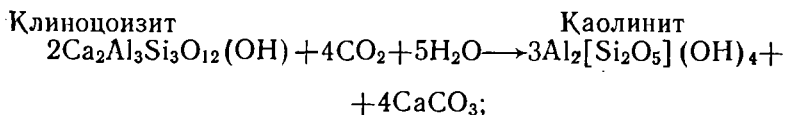
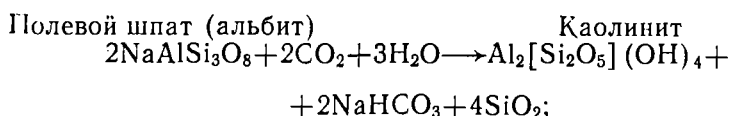


О вертикальной миграции глубинных флюидов и углекислого газа свидетельствует широкое развитие щелочных гидрокарбонатных натриевых вод в отдельных гидрохимических аномалиях (см. табл. 2) с низким содержанием в них кальций-иона. Казалось бы, в карбонатных породах, где ион  $\text{Ca}^{2+}$  является основным химическим компонентом, содержание его в водах должно быть достаточно высоким, тем более, что известняки были подвергнуты гидратации на различных стадиях метаморфизации. Однако это легко объяснить расходом данного иона на образование вторичного кальцита, который в виде кристаллов и друз заполняет все трещины и карстовые пустоты водовмещающих известняков и песчаников. В карстовых пустотах и полостях наблюдается и большое количество красноцветного каолина, образующегося в результате катагенеза.

Преобразование солевого состава подземных вод и мине-



рплогического состава пород под воздействием углекислоты происходит по следующим известным схемам:



В результате этих процессов разрушаются, каолинизируются полевые шпаты и минералы группы эпидота. Выпадает вторичный карбонат (кальцит). Солевой состав подземных вод обогащается гидрокарбонат-ионом и обедняется кальций-ионом. Углекислый газ расходуется на эти процессы частично или полностью.

В заключение следует отметить, что в области орогенной складчатости Западного Тургая гидрохимические аномалии расположены в относительно стабильных участках, где глубинные разломы почти утратили свою активность в постплиоценовое время, а магматическая деятельность закончилась еще в позднекаменноугольном тектоническом этапе. При отсутствии на большей части газонепроницаемого чехла осадочных пород тектонические зоны почти полностью дегазированы и характеризуются отсутствием газовых струй. Поэтому все описанные гидрохимические аномалии мы рассматриваем как древние (доплейстоценовые) остаточные.

Таковы главные факторы, определяющие основные черты гидрогеологии и гидрохимии рассмотренного нами района Тургайского прогиба на современном этапе его развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буданов Н. Д. Роль новейшей тектоники и связанных с ней трещинных нарушений в гидрогеологии Урала. — Сов. геол., 1957, № 58.
2. Вернадский В. И. История природных вод. М., 1960, т. IV.
3. Губарев А. Н. Ресурсы подземных вод в Притобольском Кустанайском промышленном районе и перспективы их использования. — В кн.: Перспективы водоснабжения Притобольского района Кустанайской области. М., 1961.
4. Кропоткин П. Н. Дегазация Земли и геотектоника. — В кн.: Дегазация Земли и геотектоника. М., 1980.
5. Кротова В. А. Геотектогенез и миграция подземных флюидов. — В кн.: Дегазация Земли и геотектоника. М., 1980.
6. Курмангалиев Р. М., Кулубеков Б. А. Роль региональных тектониче-

- на западе Тургайского прогиба. — Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1978, № 3.
7. Курмангалиев Р. М., Мукуршин С. А. О природе Мынбулакской котловины и родников урочища Мынбулак. — Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1980, № 1.
8. Розин А. А., Сердюк З. Я. Преобразование состава подземных вод и пород Западно-Сибирской плиты под воздействием глубинного углекислого газа. — Литология и полезные ископаемые, 1970, № 4.
9. Розин А. А. Подземные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна и их формирование. Новосибирск, 1977.
10. Сидоренко А. В. и др. Метаморфизм осадочных толщ и «углекислое дыхание» земной коры. — Сов. геол., 1973, № 5.
11. Теняков В. А. Экзогенно-метаморфические циклы, геохимическая судьба  $\text{CO}_2$  и рудогенные процессы в докембрии. — В кн.: Сборник, посвященный 60-летию А. И. Тугаринова. М., 1977.
12. Теняков В. А., Сидоренко С. А. Инверсионно-циклические процессы миграции газов в земной коре в связи с осадочно-метаморфическими циклами. — В кн.: Дегазация Земли и геотектоника. М., 1980.
13. Толстиков Г. А. Условия формирования гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод в юрских отложениях Западно-Сибирской низменности. — В кн.: Геология и нефтегазоносность Сибири. Новосибирск, 1964, ч. I.
14. Щеголев Д. И., Толстихин Н. И. Подземные воды в трещиноватых породах. М., 1939.

*Т. К. АИТУАРОВ, Е. Н. АЛЕКСИН, М. Т. ДЖУМАГУЛОВ,  
Т. М. СИЛЬЧЕНКО*

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО КОНТРОЛЮ ЗА ОХРАНОЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Одной из важнейших проблем современности является взаимодействие человека с природой и охрана окружающей среды в связи с тем, что эксплуатация подземных вод и интенсивный их отбор приводят к нарушению естественного динамического равновесия. Особого внимания требуют вопросы загрязнения поверхностных и подземных вод. В постановлениях Коммунистической партии и Советского правительства не раз отмечалась необходимость установления систематического контроля за соблюдением действующих правил и норм по предотвращению загрязнения поверхностных и подземных вод.

В «Основах водного законодательства Союза ССР и союзных республик» значительная роль отводится организациям Министерства геологии, на которые возлагается контроль за охраной подземных вод от истощения и загрязнения. На территории Казахской ССР эти работы проводятся объединением Казгидрогеология.

Со времени организации гидрогеологической службы в республике выявлены значительные запасы пресных и слабосоленых подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Здесь насчитывается 16 гидрогеологических бассейнов (регионов) первого порядка, в пределах которых выделяются месторождения подземных вод. На каждом месторождении располагается одно или несколько водозаборных сооружений.

В Казахстане в настоящее время взято на учет 632 водозабора, объединенных в две группы. Первая — это водозаборы, которые эксплуатируют запасы подземных вод промышленных категорий, официально принятых в ГКЗ СССР и ТКЗ. Из утвержденных 397 водозаборов этой группы сейчас эксплуатируются 216 для хозяйственно-питьевого, производственно-технического водоснабжения и орошения земель. Ко второй группе относятся 235 водозаборов, по которым эксплуатационные запасы подземных вод не утверждались. Чтобы выяснить возможности истощения запасов подземных вод в преде-

лах Казахстана, была проанализирована работа водозаборов первой группы. Для этого были выбраны водозаборные сооружения со среднесуточным расходом более 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут., их оказалось 119, и только в 7 водоотбор достигает проектного. Но даже по этим водозаборам не наблюдается снижение уровней, превышающее расчетные значения.

Несмотря на кажущуюся благополучную картину эксплуатации подземных вод, в их использовании допускаются серьезные просчеты. Так, на территории республики имеется большое количество самоизливающихся скважин, которые по различным организационно-техническим причинам не оборудованы краново-регулирующими устройствами. В результате пресные, прекрасного качества подземные воды бесцельно изливаются на дневную поверхность, вызывая лишь заболачивание и засоление прилежащих земель. Например, в Кызыл-Ординской области, на территории которой насчитывается свыше 1100 необорудованных самоизливающихся скважин с суммарным дебитом около 3,5 м<sup>3</sup>/с, за 20 лет (1960—1980 гг.) из-за бесконтрольного излива артезианских скважин уровни подземных вод повсеместно снизились от 7 до 14 м. В итоге многие скважины перестали самоизливать и возникла необходимость перехода на насосную эксплуатацию. Такая же картина бесхозяйственного использования естественных ресурсов подземных вод наблюдается в Чимкентской, Джамбулской, Алма-Атинской, Талды-Курганской, Актюбинской, Павлодарской, Уральской, Гурьевской и Семипалатинской областях.

При проектировании и строительстве эксплуатационных скважин допускаются большие отклонения от рекомендаций гидрогеологов-разведчиков в отношении диаметров скважин, их глубины, интервалов оборудования фильтрами и т. д. На большинстве водозаборов, как правило, отсутствует наблюдательная сеть, хотя бурение наблюдательных скважин предусматривается в проектах.

Как правило, на водозаборах отсутствует контрольно-измерительная аппаратура для замера дебита и уровня. Количество извлеченной воды учитывается приблизительно по времени работы насосов и их производительности или по количеству израсходованной электроэнергии. Не на всех водозаборах имеются химико-аналитические лаборатории.

В основном загрязнителями подземных вод являются промышленные отходы и, прежде всего, промышленные сточные воды, бытовые отходы и стоки, сельскохозяйственные удобрения и ядохимикаты, некондиционные природные воды. На территории республики выявлены следующие очаги загрязнения подземных вод:

1. Предприятия, отходы которых загрязняют подземные воды в настоящее время.

2. Предприятия, отходы которых являются потенциальными источниками загрязнения подземных вод в будущем.

3. Предприятия, отходы которых не представляют опасности для подземных вод.

К первому типу относятся предприятия городов Алги, Актюбинска, Караганды и Темиртау, где подземные воды настолько загрязнены, что это представляет серьезную угрозу существующим водозаборам. Второй тип очагов загрязнений характерен для предприятий городов Павлодара, Джамбула, Гурьева, Семипалатинска, Қзыл-Орды, Уральска и Чимкента. На их территории в подземных водах отмечаются такие ингредиенты загрязнения, как фенолы, нефтепродукты, тяжелые металлы, повышается содержание в воде отдельных ионов и увеличивается жесткость и минерализация подземных вод. Третий тип выделен для тех населенных пунктов, где слабо развита промышленность. В настоящее время на территории этих промышленных предприятий не происходит формирования очагов загрязнения и в ближайшем будущем не ожидается. К таким городам относятся Кустанай, Кокчетав, Целиноград, Талды-Курган и др.

Водоносный горизонт аллювиальных отложений р. Илек загрязнен повышенными концентрациями шестивалентного хрома и бора. Впервые в подземных водах хром был обнаружен в 1958 г. Основным источником загрязнения аллювиального потока являются Актюбинский завод ферросплавов и ТЭЦ. С целью оконтуривания ореола рассеивания хрома была оборудована сеть наблюдательных скважин, которая ежегодно расширяется. Результаты наблюдений показывают, что загрязненные хромом воды мигрируют вниз по потоку в северном направлении к основным водозаборным сооружениям г. Актюбинска и на восток к р. Илек. Наибольшую опасность представляет восточный контур, где загрязненные подземные воды в меженный период дренируются р. Илек. В поверхностных водах реки выше участка выклинивания хром не обнаруживается, а ниже по течению превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) составляет 12—15 раз, а в створе пос. Яйсан по течению в 100 км от участка выклинивания — 5 раз.

Основными источниками загрязнения аллювиальных вод бором являются неэкранированные пруды-накопители Актюбинского химкомбината им. С. М. Кирова в г. Алге, которые расположены на первой надпойменной террасе р. Илек и сложены песчано-гравийными отложениями. Регулярные наблюдения за распространением бора в водоносном горизонте нача-

ты с 1977 г. по скважинам наблюдательной сети. Они позволили установить, что максимальные содержания бора, превышающие ПДК в 2—2,5 раза, приурочены к отложениям современной долины, а концентрации ниже ПДК содержатся в подземных водах древней долины р. Илек. Отмечается также увеличение содержания бора с интенсивностью водоотбора и по временам года. Однако динамика изменения бора в целом неизвестна. Необходимо изучение скорости и времени движения, концентрации и количества бора в подземных водах. Неизучено распространение и накопление бора в зоне аэрации и по всей мощности водоносного горизонта.

В 1973 г. в аллювиальных отложениях долины р. Нуры впервые были обнаружены ртуть, фенолы и нефтепродукты. Основными загрязнителями являются Темиртауский завод синтетического каучука и Карагандинский металлургический комбинат. Исследованиями установлено загрязнение ртутью донных отложений и почвогрунтов верхней части зоны аэрации. В подземных водах ртуть не обнаружена. По данным лабораторных анализов, в районе г. Темиртау в пробах воды из скважин фенол превышает в 5—10 раз ПДК, а по мере удаления от города отмечается тенденция уменьшения концентрации фенолов в грунтовых водах. В промстоках Карагандинского металлургического комбината, в речных отложениях р. Нуры и в 50% контрольных наблюдательных точек присутствуют нефтепродукты, превышающие ПДК в 2 раза. Для Карагандинского промышленного района важными водоохранными мероприятиями являются:

1. Обеспечение всех промышленных предприятий городов Темиртау и Караганды очистными сооружениями с применением замкнутого цикла водоснабжения.

2. Переход на безртутный способ производства ацетальдегидов Темиртауским заводом синтетического каучука.

3. Прекращение сброса в Самаркандское водохранилище прмстоков Карагандинского металлургического комбината и переход на технологию с оборотным водоснабжением.

В Павлодар-Экибастузском промышленном районе потенциальными загрязнителями подземных вод являются Павлодарский завод ферросплавов, нефтеперерабатывающий завод (ПНПЗ) и группа Экибастузских ГРЭС. На Павлодарском заводе ферросплавов отстойники-накопители расположены на первой надпойменной террасе р. Иртыш. Основными загрязняющими компонентами в сточных водах завода являются фтор и мышьяк. По данным режимных наблюдений, мышьяк в скважинах наблюдательной сети не обнаруживается, а содержание фтора значительно ниже ПДК. В наблюдательных скважинах, расположенных непосредственно на промплощад-

ке ПНПЗ, содержание нефтепродуктов в грунтовых водах почти в 30 раз больше ПДК, однако по мере удаления от территории нефтеперерабатывающего завода оно уменьшается, и на некотором расстоянии нефтепродукты в подземных водах отсутствуют. Экибастузские ГРЭС производят сброс сточных вод в оз. Карасор. В настоящее время в районе озера существенного загрязнения подземных вод не отмечается.

В 1972 г. на Джембулском заводе двойного суперфосфата при сильном штормовом ветре произошел залповый сброс фосфорсодержащих промстоков, которые накапливались в прудах-испарителях. В соответствии с проектом при сооружении прудов-испарителей дно и боковые откосы их были выстланы тройным слоем полиэтиленовой пленки для защиты подземных вод от загрязнения. Сброс фосфорсодержащих промстоков произошел в р. Асса, которая впадает в озера Бийликоль и Акколь. В результате была отравлена рыба как в реке, так и в озерах. В связи с тем, что прорвавшиеся промстоки распространились по каналам, выстланным гравийно-галечниковыми отложениями с высокой фильтрационной способностью, появилась необходимость изучения возможности загрязнения подземных вод аллювиальных отложений. Для этого из всех источников питьевого водоснабжения (скважины, колодцы, родники), расположенных на пути промстоков, были отобраны пробы воды, а также была разбурена наблюдательная сеть скважин, по которым ведутся наблюдения.

Среди промышленных предприятий г. Джембула довольно крупными очагами загрязнения подземных вод являются завод фосфорных соединений, завод первичной обработки шерсти, предприятия объединения «Кожобувь» и др. Ввиду того, что аллювиальные отложения р. Талас на территории города не защищены с поверхности водоупорными отложениями, происходит загрязнение подземных вод. В аллювиальных водах общая жесткость увеличилась в 5—6 раз, а минерализация — в 2 раза по сравнению с данными химанализов периода разведки.

Основными источниками загрязнения поверхностных и подземных вод в районе г. Гурьева являются нефтехранилища в дельте р. Урал, из которых при аварийных ситуациях происходит утечка нефтепродуктов. В г. Кзыл-Орде в районе целлюлозно-картонного завода и городских полей фильтрации происходит повышение содержания сульфат-иона и общей жесткости в подземных водах. На территории г. Уральска выявлено значительное повышение концентрации фенолов в грунтовых водах. Неблагополучен качественный состав грунтовых вод в пределах г. Чимкента. В г. Семипалатинске также обнаружено

несколько очагов загрязнения подземных вод фенолами и нефтепродуктами.

Для успешного решения задач по предупреждению загрязнения подземных вод соответствующее развитие должны получить также научно-методические разработки. При этом существенным становится изучение кинематической структуры фильтрационных потоков с оценкой действительных скоростей движения частиц подземных вод и содержащихся в них растворенных и эмульгированных загрязняющих компонентов.

Резюмируя изложенное, следует сказать, что климатические особенности Казахстана, интенсивное развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, освоение целинных и залежных земель и в связи с этим расширение объемов орошаемого земледелия стимулируют загрязнение подземных вод. Поэтому необходимо усилить работы по контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения на всей территории республики, расширить проведение опытно-методических работ и значительно увеличить лабораторные исследования.



У. М. АХМЕДСАФИН

## О НАУЧНОЙ ОСНОВЕ АРИДНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

*(Вместо заключения)*

Научная конференция по проблемам аридной гидрогеологии Казахстана, посвященная 60-летию Казахской ССР и Компартии Казахстана и 15-летию организации Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР, прошла на достаточно высоком уровне. Заслушано 18 докладов и сообщений, которые охватили почти все отрасли аридной гидрогеологии. В них освещены состояние и перспективы гидрогеологических исследований аридных районов, выполненных в системе Министерства геологии КазССР и Министерства мелиорации водного хозяйства республики. В докладах были представлены научные разработки, осуществляемые в различных учреждениях, результаты исследований, их значение для дальнейшего развития науки и народного хозяйства. Перед аридной гидрогеологией на ближайшие годы и в перспективе до 1990 года были поставлены некоторые проблемы.

С целью глубокой проработки ряда научно-практических вопросов необходимо тесное сотрудничество научных и производственных организаций, тем самым будет устранен параллелизм в работе.

Во всех областях аридной гидрогеологии Казахстана за 60 лет достигнуты значительные успехи, но наиболее важными и впечатляющими являются достижения в разработке научных основ аридной гидрогеологии, которая открыла большие горизонты перед наукой и практикой.

Согласно конденсационной теории, в засушливых, пустынных районах невозможно образование сколько-нибудь значительных запасов подземных вод в недрах, поэтому у нас и за рубежом засушливые территории относили к районам планеты с очень бедными запасами воды и считали их бесперспективными для поисков значительных ресурсов доброкачественных подземных вод. Выявленные водные ресурсы недр при этом исчислялись всего десятками литров в секунду, что совершенно недостаточно для удовлетворения нужд в воде крупных водопотребителей. Бурение скважин глубже 50—

100 м не рекомендовалось, поскольку нижележащие горизонты считались безводными или содержащими соленые воды. В результате обстоятельных исследований пустынных территорий Южного Казахстана были созданы основы аридной гидрогеологии. Это стало возможным при всестороннем изучении геологических структур предгорных и межгорных впадин, платформенных областей, которые могли явиться вместилищем подземных бассейнов, широко распространенных разновозрастных коллекторов, благоприятных для накопления водных ресурсов и их пространственного размещения. Но особое значение придавалось нами выявлению основных областей и источников питания подземных вод, расположенных в горных сооружениях, нередко с ледниками, вечными снегами, где в 5—10 раз больше выпадает и в 5—6 раз меньше испаряется атмосферных осадков, чем в пустынях; установлению закономерностей формирования, динамики водной массы, химического их состава, миграции подземного стока от гор к пустыням, удаленным на сотни километров. Как показали наши исследования, важными источниками доброкачественных грунтовых вод в песчаных пустынях являются также зимне-весенние атмосферные осадки, скапливающиеся в межрядовых, межбугристых или межбарханных понижениях. Иногда снега образуют сугробы высотой до 2—3 м, как это было, например, в 1976 г. С наступлением теплых дней они быстро тают и большей частью просачиваются в водоносные горизонты, пополняя запасы подземных вод. Размеры таких источников в песчаных массивах юга Казахстана в отдельные годы колеблются от 10 до 15 млрд. м<sup>3</sup>. Существенное значение в питании грунтовых вод имеют некоторые реки и временные водотоки. Установленные научные положения не только открыли новые горизонты в аридной гидрогеологии, но и послужили основой для создания принципов научного прогнозирования, выявления, определения, пространственного размещения многочисленных подземных бассейнов, региональной оценки и картирования заключенных в них водных ресурсов. В результате впервые в мировой гидрогеологической практике составлена карта прогноза артезианских и грунтовых вод, открыто и охарактеризовано 70 артезианских бассейнов, содержащих огромные вековые запасы, по объему равные 75 озерам типа Балхаш, доказано, что они ежегодно возобновляются в размере 45 млрд. м<sup>3</sup>. Разработка научных основ аридной гидрогеологии, которая сейчас успешно используется в развивающихся странах, способствовала не только выявлению больших запасов пресной воды в пустынных районах Казахстана, Средней Азии, ряда зарубежных стран, но и навсегда позволила опровергнуть ошибочное представление о безводности пустынь планеты.

Развивая учение о формировании водных ресурсов недр засушливых районов, Институтом гидрогеологии и гидрофизики была создана стройная их классификация, разработаны принципы региональной оценки. Впервые определены прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод республики в размере  $1960 \text{ м}^3/\text{с}$  и обоснована возможность их рационального использования для развития производительных сил.

В начальный период многие ученые и специалисты к нашим разработкам отнеслись несколько скептически. Когда в 1959 г. на Всесоюзном совещании водохозяйственников и геологов были доложены научные результаты и размеры ресурсов в  $1900 \text{ м}^3/\text{с}$ , они были квалифицированы как чистейшая фантазия. Специалисты тогда отмечали, что все запасы, которые можно получить из недр Казахстана, не превышают  $18\text{—}20 \text{ м}^3/\text{с}$ . Однако время показало ошибочность таких утверждений. Сейчас, спустя всего 20 лет, из недр извлекается уже около  $90 \text{ км}^3/\text{с}$  доброкачественной воды, используемой для различных нужд народного хозяйства, т. е. почти в 5 раз больше, чем указывали в свое время специалисты.

Даже на международном симпозиуме ЮНЕСКО Организации Объединенных наций по освоению пустынь в 1963 г., в котором участвовали представители Америки, Аргентины, Австралии, Ближнего, Среднего Востока, Индии и Пакистана, наше сообщение о наличии под пустынями Казахстана больших запасов подземных вод было встречено также скептически.

О реальности региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод, установленных Институтом гидрогеологии и гидрофизики в размере  $1960 \text{ м}^3/\text{с}$ , свидетельствуют многочисленные натурные и теоретические исследования, целый ряд гидрогеологических карт с отображением важнейших параметров подземных вод, бурение более 25 тысяч разведочных и эксплуатационных скважин и, наконец, данные длительной эксплуатации отдельных месторождений подземных вод. Следует указать, что запасы подземных вод нами определялись при минимальных значениях водоотдачи пород в водоносных горизонтах. Однако, как показали данные исследований последних лет, в предгорьях Заилийского Алатау в процессе длительной эксплуатации воды (до 10—12 лет) эти значения увеличиваются в 1,5—2 раза за счет полного поступления различных видов влаги (капиллярной, максимально-молекулярной) в водоаккумулирующие горизонты. Если учесть это обстоятельство, эксплуатационные ресурсы подземных вод Казахстана могут быть увеличены минимум в 1,5 раза. Это значи-

тельно повышает достоверность определенных нами эксплуатационных запасов. Можно привести еще один интересный факт, подтверждающий наличие в недрах засушливых зон больших запасов воды. В Иране, находящемся в еще более засушливой зоне, чем Казахстан, и имеющем территорию в 1,5 раза меньше, в течение нескольких веков из многочисленных кияризов орошалось около 2,5 млн. га земель, для полива которых извлекалось не менее 1600—1700 м<sup>3</sup>/с воды. Заметим, что кияризами вскрывается самая верхняя (1—5 м) часть водоносных горизонтов, измеряемая десятками и сотнями метров, и поэтому извлекается только весьма незначительная часть их эксплуатационных возможностей.

Для наиболее полного представления о ресурсах подземных вод конкретных районов и отдельных участков республики важное значение имело изучение территориального их распределения. С этой целью с помощью научно-методических разработок были созданы принципиально новые оригинальные карты распределения водных ресурсов недр и карта прогнозных региональных эксплуатационных ресурсов подземных вод Казахстана. На первой отображены вековые и многолетние запасы подземных вод, заключенные в каждом квадратном километре площади, на второй — эксплуатационные ресурсы, также содержащиеся в 1 км<sup>2</sup> площади. Эти карты (и сопровождающие их монографии) открыли широкие горизонты для конкретного планирования, проектирования водообеспечения различных отраслей народного хозяйства и дальнейшего более углубленного дифференцированного изучения ресурсов подземных вод аридных районов не только в республике, но и за ее пределами.

Говоря о достоверности выявленных водных ресурсов недр, следует остановиться и на перспективах их эксплуатации для нужд различных отраслей народного хозяйства. Из мировой практики использования ресурсов подземных вод известно, что до 60% их уходит на орошение земель (например, в Америке, Индии, Австралии, Болгарии и др.). Исходя из этого, на орошение с целью создания прочной кормовой базы для животноводства и полива некоторых сельскохозяйственных культур в нашей республике может быть направлено до 1000—1200 м<sup>3</sup>/с запасов, а остальные 800—900 м<sup>3</sup>/с — для коммунально-промышленного, сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ. В этой связи утверждение М. Н. Вексельмана о том, что все запасы подземных вод, которые могут быть направлены на орошение полей, составляют всего 500 м<sup>3</sup>/с, является несостоятельным.

Рассматривая перспективы эксплуатации подземных вод, нужно учитывать еще одно важное обстоятельство. Региональ-

ные прогнозные эксплуатационные запасы в размере 1960 м<sup>3</sup>/с определены нами только при условии непрерывной их эксплуатации ежедневно в течение всего года. В действительности же для питьевого, хозяйственного и даже промышленного водоснабжения они извлекаются только в дневные часы суток (чаще всего в течение 10—12 часов), а для орошения — в течение только вегетационного периода, т. е. в общей сложности 3 месяца в году. Следовательно, большая часть —  $\frac{2}{3}$  запасов подземных вод остаются в недрах нетронутыми и неучтенными. За счет экономного их использования, а также путем заложения большего количества скважин и большего их углубления в водоносные горизонты размеры эксплуатационных ресурсов подземных вод можно увеличить вдвое.

Таким образом, перспективы использования запасов подземных вод республики весьма велики. Использование их в народном хозяйстве связано с созданием крупной материально-технической базы, а именно: массовым производством новейших буровых и насосных агрегатов, позволяющих бурить скважины диаметром 50—75—100 см и из одной скважины извлекать от 50 до 150 л/с воды, организацией фабрично-заводского производства эффективных гравийных фильтров, прокладыванием через полупустынные районы линий электропередач, строительством улучшенных дорог, благоустроенных поселков и т. д. Все эти мероприятия потребуют не только больших капиталовложений, большого объема организационных работ, но и много времени. Учитывая эти обстоятельства, в ближайшие годы нам нужно научиться наиболее полно и эффективно эксплуатировать подземные воды с помощью существующей техники. При этом, конечно, будут из недр извлекаться ограниченные запасы воды, до 500—700 м<sup>3</sup>/с.

В процессе эксплуатации подземных вод для орошения Казглавподземвод встречает значительные затруднения, которые связаны с пескованием скважин или же их малодобитностью. Конечно, расходы скважин, измеряемые 5—15 л/с, явно недостаточны для организации полива земель бороздковым методом и тем более с помощью дождевальных аппаратов («Фрегат», «Волжанка» и др.). В таких случаях единственно правильным методом, на наш взгляд, является концентрация воды в ночные часы в бетонных резервуарах (накопителях) емкостью от 500 до 5000 м<sup>3</sup>, детали которых заранее могут быть изготовлены на соответствующих заводах, или в земляных накопителях с соответствующим противофильтрационным (например, полиэтиленовым) покрытием. Таким путем из одной малодобитной скважины с расходом в 10—12 л/с за сутки можно собрать до 1000 м<sup>3</sup> воды, что обеспечивает разовый полив 10 га земель. Концентрация воды в резервуарах в известной степени позво-

ляет бороться и с пескованием. Песчаные частицы, вынесенные из скважин с водой, при этом осаждаются на дне резервуара и отстойная вода становится вполне пригодной для подачи на дождевальную установку. С пескованием скважин наиболее эффективно можно бороться путем применения гравийных фильтров, задерживающих вынос из водоносного горизонта песчаных частиц, приводящих к быстрому износу насосных установок. При применении гравийного фильтра достигается и другой немаловажный эффект: после первоначального выноса тонких частиц из водоносного горизонта в процессе интенсивной откачки вокруг фильтра образуется емкость, занятая более крупными частицами песка, способная аккумулировать значительные массы воды. Таким образом формируется своеобразный подземный резервуар, способствующий увеличению дебитов скважин.

Еще один важный вопрос, возникающий в процессе эксплуатации подземных вод. В условиях недостаточности людских резервов и квалифицированных кадров техников и механиков для широкого использования подземных вод исключительно большое значение приобретает автоматизация подачи воды потребителям. При этом групповые водозаборы, состоящие из десятков скважин, соединенные автоматическим устройством по типу нефтяных скважин, могут управляться из одного центра. Это, конечно, облегчит задачу эксплуатации водоканальных сооружений на определенном режиме.

М. Н. Вексельман считает, что полное обводнение пастбищ Казахстана возможно только прокладкой 20 тыс. км водопроводных труб. Ошибочность такого мнения состоит в том, что, во-первых, при дефиците металла осуществить такую грандиозную программу немыслимо, во-вторых, осуществление ее потребовало бы огромных капиталовложений и, в-третьих, подача воды водопроводом на большие расстояния при минимальном ее расходе приведет к сильному застаиванию и ухудшению ее качества. В результате животные пьют такую воду с неохотой и пасутся неудовлетворительно. Поэтому Австралия, испокон веков занимающаяся разведением овец, для указанных целей соорудила и эксплуатирует около 400 тыс. скважин и колодцев. Мы считаем, что наиболее приемлемым методом эксплуатации подземных вод для обводнения и оазисного орошения были и остаются скважины и колодцы, не требующие для своего сооружения больших затрат, чтобы обводнить большую площадь; местами, особенно при наличии хороших дебитов, скважины и колодцы могут сочетаться с водопродами, проложенными на расстояние до 5—20 км. Эффективность эксплуатации высокодебитных скважин и колодцев окажется намного выше, если они будут использовать-

ся комплексно для обводнения, оазисного орошения и водоснабжения пастбищных центров.

Заслуживает внимание еще один важный научно-практический вопрос, поднятый Ф. А. Макаренко. Речь идет об искусственном восполнении (обогащении) запасов подземных вод аридных районов Казахстана. В засушливых районах, особенно на равнинных территориях, нередко встречаются слабообводненные водоносные горизонты (комплексы), которые, не получая достаточного питания, содержат очень мало запасов доброкачественных подземных вод. Естественно, это затрудняет их эксплуатацию с целью водоснабжения совхозов, а также промышленных объектов и оазисного орошения полей. Между тем проведение определенных целенаправленных мероприятий (задержание снеготалых вод или концентрирование выпадающих ливневых дождей, сооружение запруд в долинах временно действующих водотоков, в логах, западинах, особенно там, где обнажаются на поверхность водоаккумулирующие породы, устройство канав на пути движения дождевых вод, сооружение фильтрационных котлованов) может значительно увеличить их запасы и улучшить качество воды. Снегозадержание на поверхности рыхлых отложений также способствует пополнению запасов подземных вод. Затронутому вопросу в институте уделяется определенное внимание. В некоторых местах проводились и дальше будут проводиться опыты, начато составление карты по природным условиям искусственного восполнения запасов подземных вод. В дальнейшем, по мере возможности, эти работы будут усиливаться.

В заключение следует отметить, что в Казахстане сформировалась довольно авторитетная научная школа в области аридной гидрогеологии, которая, будучи тесно связана с практикой, быстро набирает силу, оказывая существенное влияние на дальнейший подъем научных исследований в области развития производительных сил засушливых территорий республики. Наша задача — всемерно оказывать помощь и поддержку этой школе, чтобы она стала способной эффективно решать самые сложные задачи гидрогеологии и водообеспечения народного хозяйства Казахстана.

УДК 556(063)

Курмангалиев Р. М., Джабасов М. Х. На главных направлениях советской гидрогеологической науки.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 3—14.

Освещены результаты научно-организационной деятельности академика АН КазССР У. М. Ахмедсафина, создавшего основы нового направления гидрогеологической науки — аридной гидрогеологии и более 40 лет возглавляющего эту отрасль науки.

Показано значение его трудов в разработке важных теоретических вопросов формирования и размещения ресурсов подземных вод, более совершенных методов гидрогеологического картирования и прогнозирования, создания научных основ региональной оценки водных ресурсов недр, открывших широкие перспективы их планомерного освоения для водообеспечения народного хозяйства республики.

УДК 556.3(1:9)

Ахмедсафин У. М. Достижения и проблемы аридной гидрогеологии.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 15—27.

Рассмотрены основные этапы развития гидрогеологической науки в Казахстане и достижения в различных ее направлениях: региональной гидрогеологии, гидрогеохимии, гидродинамике и рудничной гидрогеологии, гидротермии, экспериментальной и мелиоративной гидрогеологии, экономике использования подземных вод и др. Результаты выполненных исследований позволили наметить некоторые проблемы, стоящие перед аридной гидрогеологией по дальнейшему развитию фундаментальных и прикладных исследований, разработке научных основ водообеспечения народного хозяйства за счет местных водных ресурсов, прогнозированию изменений окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности человека.

УДК 556.3.012

Исабаев Т. Т., Джакелов А. К., Айтуаров Т. К., Дырдин О. М. Современное состояние и дальнейшие направления гидрогеологических исследований.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 28—34.

Приводятся основные результаты работ, выполненных гидрогеологами Казахстана по поискам и разведке подземных вод для целей коммунально-промышленного водоснабжения, орошения земель, обводнения пастбищ, по гидрогеологическому и инженерно-геологическому картированию, выявлению и разведке минеральных и термальных вод, изучению режима и баланса подземных вод, сейсмогидрогеологическим и тематическим исследованиям. Рассмотрены задачи гидрогеологических работ на одиннадцатую пятилетку, вытекающие из запросов развития народного хозяйства и требующие совместной творческой работы коллективов производственных и научных организаций.



УДК 550.42:556.3

Сыдыков Ж. С. Достижения и задачи гидрогеохимической науки.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 35—42.

Приводятся сведения о становлении и развитии гидрогеохимии в Казахстане, подчеркнута решающая роль основополагающих теоретических положений выдающихся советских геохимиков В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана и многих других. Определены основные задачи по дальнейшему развитию теоретических, методологических и прикладных основ гидрогеохимии, выявлению прямых и косвенных гидрогеохимических показателей рудных, нефтегазовых месторождений и металлоносных рассолов на территории Казахстана.

УДК 556.3(574)

Гармонов И. В., Макаренко Ф. А. Развитие аридной гидрогеологии Казахстана.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 43—47.

Рассматриваются успехи, достигнутые в развитии аридной гидрогеологии Казахстана. Важным вкладом в гидрогеологическую науку является разработка проблемы формирования подземных вод, включая создание соответствующей классификации и методов оценки региональных эксплуатационных ресурсов. Составление комплекса гидрогеологических карт служит основой для планирования и осуществления водохозяйственных мероприятий по водообеспечению различных отраслей народного хозяйства. В комплексе выполняемых исследований большое внимание уделяется прогнозированию изменений природно-гидрогеологических условий в результате хозяйственной деятельности человека. В дальнейшем следует шире развивать биогеохимию и исследования по искусственному восполнению запасов подземных вод.

УДК 556.382

Аимбетов Е. А. Использование подземных вод для орошения.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 48—51.

Приводятся краткие сведения о современном состоянии работ по орошению земель подземными водами в организациях Главного управления по строительству и эксплуатации оросительных систем на базе использования подземных вод (Казглавподземвод). Указываются организационные и технические мероприятия, необходимые для улучшения строительства и оборудования водозаборных скважин, оптимизации режима эксплуатации водозаборов и охраны подземных вод от истощения и загрязнения.

УДК 556.314.012

Джакелов А. К., Литвиненко С. Ю., Сыдыков Ж. С. Основные направления развития аналитических работ по изучению вещественного состава подземных вод.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 52—58.

Рассматриваются современные методы аналитической химии, применяемые в центральной лаборатории ПО Казгидрогеология для определения вещественного состава природных вод. Многоцелевые гидрогеологические исследования, проводимые в Казахстане научными и производственными организациями, требуют дальнейшего развития и углубления лабораторных работ, освоения качественно новых направлений химико-аналитического изучения состава и свойств природных вод. Указываются методы анализа микрокомпонентного, газового, изотопного состава и изучения органических ассоциатов в природных водах, которые получат дальнейшее развитие в одиннадцатой пятилетке.

Библиогр. 5 назв. Табл. 1.

УДК 556.3:681.3

Шапиро С. М. Состояние и задачи экспериментальной гидрогеологии.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 59—65.

Приводятся сведения о развитии экспериментальной гидрогеологии, основными задачами которой являются воспроизводство природных процессов в лабораторных научно-контролируемых условиях. В настоящее время весьма эффективными методами экспериментальной гидрогеологии являются математическое моделирование с использованием различного рода ЭВМ. Приводятся примеры крупных экспериментальных исследований по изучению сложных гидрогеологических процессов, выполняемых в различных научных учреждениях и в лаборатории экспериментальной гидрогеологии Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР.

УДК 556.3:553.3/9

Жапарханов С. Ж. Гидрогеологические исследования горнорудных районов.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 66—70.

Планомерные гидрогеологические исследования горнорудных районов Казахстана начаты с 1960 г. Комплекс научных исследований проводился в следующих направлениях: изучение гидрогеологических условий разработки рудных месторождений; выяснение перспектив водообеспечения горнорудных предприятий; обоснование гидрогеологических аспектов добычи полезных ископаемых методом подземного выщелачивания руд. Выполненные работы позволили осветить гидрогеологические условия эксплуатации и обводненности 30 рудников и формирующихся горнопромышленных комплексов. В XI пятилетке будут продолжены комплексные исследования гидрогеологии горнорудных объектов, в частности Атасуйского рудного района, Жайремского месторождения и др.

УДК 556.3:061.3:556.313.2

Жеваго В. С. Развитие гидрогеотермических исследований.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 71—75.

Приведены сведения о геотермических и гидротермических исследованиях, проведенных в Казахстане после Октябрьской революции, особенно в период 1959—1980 гг. Работы выполнялись в трех научных направлениях: 1) геотермические исследования в глубоких скважинах с целью изучения пространственного распределения тепла в верхней части земной коры. В результате составлены геотермические карты и выявлены закономерности термического режима недр Казахстана; 2) выяснение закономерностей распределения и залегания термальных вод, а также их качества и количества; 3) выявление закономерностей в распределении минеральных лечебных и столово-питьевых вод. В результате по всем трем направлениям даны научные рекомендации министерствам, ведомствам, советским и партийным организациям по использованию термальных и лечебно-минеральных вод в народном хозяйстве.

УДК 556.38(574)

Джабасов М. Х. Формирование и региональная оценка ресурсов подземных вод.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 76—83.

В статье освещено современное состояние изученности проблем формирования и региональной оценки ресурсов подземных вод, краткий обзор территориального распределения ресурсов подземных вод и основные задачи на ближайшие годы в области их изучения.

УДК 556.332.52:626.8

Иванов В. Н. Гидрогеолого-мелиоративные исследования.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 84—90.

Научные мелиоративно-гидрогеологические исследования проводятся по двум основным направлениям: гидрогеолого-мелиоративное районирование; режимные и водно-балансовые исследования на орошаемых массивах Южного Казахстана. Первое направление связано с научно-теоретическими разработками по оценке мелиоративного благополучия земель, основанными на учете комплекса природных факторов (геолого-структурных, геоморфологических, гидрогеологических, почвенных и др.). По указанной методике осуществлено мелиоративно-гидрогеологическое районирование предгорных равнин Джунгарского и Заилийского Алатау, а позже и всей территории Южного Казахстана в масштабе 1:1 500 000. Режим и баланс грунтовых вод изучался на Каратальском и Акдалинском орошаемых массивах. В результате разработаны рекомендации по мелиорации рисовых полей. В одиннадцатой пятилетке ставятся задачи гидрогеолого-мелиоративного районирования в зоне переброски части стока сибирских рек в Казахстан и изучения режима и баланса грунтовых вод на орошаемых землях низовья р. Или.

Ил. 1, табл. 1.

УДК 556.3:353.3/9(574.8)

Карамурзев Т. К. Экономическая эффективность использования подземных вод.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 91—94.

Рассматриваются вопросы методики определения экономической эффективности использования подземных вод, специфики их использования для хозяйственно-питьевого водоснабжения, обводнения пастбищ и орошения земель. Использование подземных вод в республике предлагается выделить в самостоятельную отрасль с сосредоточением всех работ в ведении одного ведомства.

УДК 556.332.59:550.34

Шлыгина В. Ф. Формирование подземных вод — основа прогнозирования и управления их ресурсами и режимом.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 95—102.

Познание процесса формирования подземных вод позволяет правильно прогнозировать их ресурсы, определять оптимальные режимы эксплуатации, управления и охраны. Средством контроля и управления ресурсами и режимом эксплуатации могут служить постоянно действующие гидрогеологические модели. В их создании обнаруживается связь нескольких исследовательских задач: в научном плане — развитие новой методики натурального изучения параметров гидрогеологического процесса в естественных и нарушенных условиях и специализированного математического обеспечения для использования АВМ и ЭВМ; в производственном плане — опробование метода на объекте и эксплуатация моделей. Описывается опыт создания системы гидрогеологических моделей Алма-Атинского промышленного района.

Табл. 1.

УДК 556.38.044(574.51)

Ахмедсафин У. М. Аридно-гидрогеологические условия Южного Прибалхашья и проблема сохранения оз. Балхаш.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1982, с. 103—110.

Рассмотрены гидрогеологические условия и ресурсы подземных вод Южного Прибалхашья. Использование подземных вод позволяет решать задачи обводнения пастбищ, орошения земель, улучшения их мелиоративного состояния. Кроме того, широкое привлечение местных водных ресурсов недр для водообеспечения будет способствовать увеличению стока в оз. Балхаш речных вод, значительная часть которых расходуется безвозвратно на орошаемых массивах. Приводится комплекс мероприятий и рекомендаций, направленных на сохранение оз. Балхаш.

УДК 556.3:550.812(574.21)

Курмангалиев Р. М., Губарев А. Н. Роль тектоники в формировании подземных вод (на примере Тургайского прогиба).— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана. — Алма-Ата: Наука, 1982, с. 111—123.

В складчатой области Западного Тургай наличие региональных тектонических разломов определило основное направление локализации высокопроизводительных подземных вод и их распределение в виде ряда пресных гидрохимических аномалий (инверсий) различного типа (раскрытых, полузакрытых, закрытых). В формировании подземных вод важное место отводится миграции углекислого газа, под влиянием которого происходит преобразование их солевого состава, возникают гидрохимические аномалии пресных гидрокарбонатно-щелочных (содовых) вод.

Библиогр. 14 назв. Ил. 1. Табл. 2.

УДК 556.3:388.2.044

Айтуаров Т. К., Алексин Е. Н., Джумагулов М. Т., Сильченко Т. М. Гидрогеологические работы по контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения и задачи дальнейших исследований.— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана. — Алма-Ата: Наука, 1982, с. 124—129.

Рассмотрено состояние гидрогеологических работ по контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения, указаны районы, очаги наибольшего загрязнения и их источники, определены задачи дальнейших исследований по предупреждению загрязнения водных источников и необходимые водоохранные мероприятия.

УДК 556.3(1:19)574

Ахмедсафин У. М. О научной основе аридной гидрогеологии и перспективах использования подземных вод (Вместо заключения).— В кн.: Проблемы гидрогеологии аридных районов Казахстана. — Алма-Ата: Наука, 1982, с. 130—136.

Подведены итоги научного обсуждения актуальных вопросов, охватывающих почти все направления аридной гидрогеологии. Подчеркнута особая важность региональных исследований проблем формирования водных ресурсов недр засушливых районов, разработки методов региональной оценки и картирования прогнозных эксплуатационных ресурсов, обоснования перспектив широкого и рационального их использования для различных целей водообеспечения. Дальнейшее водообеспечение некоторых засушливых районов требует постановки широких исследований по искусственному восполнению запасов подземных вод.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Курмангалиев Р. М., Джабасов М. Х.</i> На главных направлениях советской гидрогеологической науки . . . . .	3
<i>Ахмедсафин У. М.</i> Достижения и проблемы аридной гидрогеологии . . . . .	15
<i>Исабаев Т. Т., Джакелов А. К., Айтуаров Т. К., Дырдин О. М.</i> Современное состояние и дальнейшие направления гидрогеологических исследований . . . . .	28
<i>Сыдыков Ж. С.</i> Достижения и задачи гидрогеохимической науки . . . . .	35
<i>Гармонов И. В., Макаренко Ф. А.</i> Развитие аридной гидрогеологии Казахстана . . . . .	43
<i>Аимбетов Е. А.</i> Использование подземных вод для орошения . . . . .	48
<i>Джакелов А. К., Литвиненко С. Ю., Сыдыков Ж. С.</i> Основные направления развития аналитических работ по изучению вещественного состава подземных вод . . . . .	52
<i>Шапиро С. М.</i> Состояние и задачи экспериментальной гидрогеологии . . . . .	59
<i>Жапарханов С. Ж.</i> Гидрогеологические исследования горнорудных районов . . . . .	66
<i>Жеваго В. С.</i> Развитие гидрогеотермических исследований . . . . .	71
<i>Джабасов М. Х.</i> Формирование и региональная оценка ресурсов подземных вод . . . . .	76
<i>Иванов В. Н.</i> Гидрогеолого-мелнпоративные исследования . . . . .	84
<i>Карамурзиев Т. К.</i> Экономическая эффективность использования подземных вод . . . . .	91
<i>Шлыгина В. Ф.</i> Формирование подземных вод — основа прогнозирования и управления их ресурсами и режимом . . . . .	95
<i>Ахмедсафин У. М.</i> Аридно-гидрогеологические условия Южного Прибалхашья и проблема сохранения оз. Балхаш . . . . .	103
<i>Курмангалиев Р. М., Губарев А. Н.</i> Роль тектоники в формировании подземных вод (на примере Тургайского прогиба) . . . . .	111
<i>Айтуаров Т. К., Алексин Е. Н., Джумагулов М. Т., Сильченко Т. М.</i> Гидрогеологические работы по контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения и задачи дальнейших исследований . . . . .	124
<i>Ахмедсафин У. М.</i> О научной основе аридной гидрогеологии и перспективах использования подземных вод (Вместо заключения) . . . . .	130

## **ПРОБЛЕМЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ АРИДНЫХ РАЙОНОВ КАЗАХСТАНА**

*Утверждено к печати Ученым советом Института гидрогеологии  
и гидрофизики АН КазССР*

Рецензенты: кандидаты геолого-минералогических наук *М. С. Кан,  
Ф. В. Шестаков*

Зав. редакцией *Н. А. Менжулина*  
Редактор *Р. И. Орешкина*  
Художественный редактор *А. Б. Мальцев*  
Оформление художника *И. З. Уразаева*  
Технический редактор *Е. М. Тахметова*  
Корректор *Т. П. Нежданова*

**ИБ № 1077**

Сдано в набор 9.02.82. Подписано в печать 14.05.82. УГ10070.  
Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. тип. №1. Литературная гарнитура.  
Высокая печать. Усл. п. л. 9,3. Уч.-изд. л. 9,2. Тираж 1000.  
Заказ 40. Цена в пер. № 7 1 р. 70 к., в пер. № 4 1 р. 60 к.

Издательство «Наука» Казахской ССР.  
Типография издательства «Наука» Казахской ССР.  
Адрес издательства и типографии: 480021, г. Алма-Ата, Шевченко, 28.