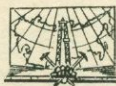




Н.И. ПЛОТНИКОВ

**ПОДЗЕМНЫЕ
ВОДЫ -
НАШЕ
БОГАТСТВО**







551.49

Н.И. ПЛОТНИКОВ

**ПОДЗЕМНЫЕ
ВОДЫ -
НАШЕ
БОГАТСТВО**

Б181
1819



МОСКВА «НЕДРА»

1976

Плотников Н. И. Подземные воды — наше богатство. М., «Недра», 1976. 208 с.

Книга посвящена одному из самых удивительных и бесценных полезных ископаемых — подземным водам. В ней рассматриваются вопросы образования, распространения и использования подземных вод, а также круговорота воды в природе. Особое внимание уделено водохозяйственной деятельности человека и вопросам загрязнения, истощения, а также искусственного пополнения подземных вод, поскольку извлечение их во многих случаях ведет к нарушению природного равновесия.

В популярной и научно-познавательной форме описываются методы исследования подземных вод, оценки их запасов, способы извлечения и охраны от загрязнения и истощения.

Книга предназначена для широкого круга читателей, не знакомых или слабо знакомых с гидрогеологией. Она дает общее представление о разнообразных проблемах, связанных с изучением, использованием и охраной подземных вод.

Табл. 19, ил. 32, список лит. — 42 назв.



В эпоху научно-технической революции в нашей стране получили интенсивное развитие производительные силы. Ускоренные темпы роста всех отраслей народного хозяйства, как известно, базируются на использовании возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов. При взаимодействии в системе общество—природа—техника возникли две, тесно связанные между собой проблемы — рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, а также их охрана от загрязнения.

Идеи рационального использования и охраны природных богатств нашей страны возникли еще в первые годы становления Советской власти и нашли отражение в ряде декретов, подписанных В. И. Лениным.

Учитывая, что в современных условиях более интенсивного использования природных ресурсов проблема рациональной эксплуатации и охраны приобретает новое содержание, Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правительство приняли ряд постановлений и специальные законодательства, направленные на научно обоснованное природопользование, исключающие отрицательные последствия при техногенном воздействии на окружающую среду.

Основополагающие решения в этом направлении были приняты ЦК КПСС, Верховным Советом СССР и Советом Министров СССР.

Так, например, четвертая сессия Верховного Совета СССР восьмого созыва в 1972 г. приняла постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и

рациональному использованию природных ресурсов». При обсуждении этого вопроса на сессии Верховного Совета СССР было отмечено, что «важной задачей в деле эффективного использования природных ресурсов и охраны окружающей среды является распространение знаний по охране природы и широкое разъяснение важности рационального использования природных богатств».

Рассматривая основные проблемы взаимодействия человека и природы, академик А. В. Сидоренко отмечал: «Мы, геологи, сами виноваты в том, что мало показываем значение и роль своей науки. Органы пропаганды, радио, телевидение, печать уделяют больше внимания охране животного и растительного мира. Но мы очень мало говорим об охране земной коры и ее рациональном использовании. Животный и растительный мир при желании может быть восстановлен, а в земной коре могут быть созданы необратимые процессы в результате нерационального ее использования» [37].

В нашей стране придается большое значение воспитанию трудящихся в духе бережного отношения к природным ресурсам, любви к родной природе и ее красотам. В этом отношении задача состоит в том, чтобы каждый из нас, вооружившись знаниями о природопользовании, стал активным участником борьбы за охрану окружающей среды.

Подземные воды, широко распространенные в верхней части земной коры, являются огромным богатством нашей страны. Наибольшую ценность представляют ежегодно возобновляемые ресурсы пресных подземных вод, участвующих в общем цикле постоянно действующего кругооборота влаги на Земле.

В большом комплексе водохозяйственной деятельности человека подземные воды оказывают свое существенное влияние и на формирование окружающей среды. Поэтому рациональное их использование и охрана в народном хозяйстве по своему содержанию представляют составляющую часть общей проблемы природопользования.

В настоящей книге в научно-популярной форме изложены основные закономерности накопления и распространения различных типов подземных вод, рассмотрены их роль и значение в развитии отдельных отраслей народного хозяйства, особенно при водоснабжении, разработа-

ны условия их эксплуатации, охраны от загрязнения и истощения.

В отдельных главах освещена роль подземных вод в формировании и преобразовании окружающей среды при строительстве и эксплуатации разнообразных водохозяйственных объектов (гидротехнических, ирригационных, мелиоративных и других видов водохозяйственного строительства), и рассмотрены основные положения действующих в СССР «Основ водного законодательства», а также некоторые проекты крупного водохозяйственного строительства.

Можно надеяться, что книга поможет специалистам, работающим в самых различных отраслях народного хозяйства, ознакомиться с некоторыми аспектами общей проблемы рационального использования и охраны подземных вод.

Главы I, III, IV, V и введение настоящей книги написаны Н. И. Плотниковым, глава II — В. И. Корзуном при участии Н. И. Плотникова, глава VI — Н. И. Плотниковым совместно с Э. Н. Плотниковой.



Природные ресурсы нашей страны (лес, вода, земля и др.) являются всенародным достоянием и играют существенную роль в развитии и размещении различных отраслей народного хозяйства. Советский Союз обладает огромными природными богатствами. Так, например, 25% всех мировых лесных запасов принадлежит нашей стране, 20% всех ресурсов пресных вод нашей планеты накапливается в озере Байкал.

Большое значение для развития производительных сил страны имеют так называемые природные геологические ресурсы — месторождения различных полезных ископаемых. На рудных месторождениях происходит добыча железа, благородных, цветных и редких металлов; на месторождениях горючих полезных ископаемых добываются нефть, газ, горючие сланцы, на объектах химического сырья производится добыча калийной и каменной соли, серы и др.

Советский Союз является единственной страной мира, на площади которой встречаются месторождения почти всех полезных ископаемых. Запасы природных геологических ресурсов нашей страны огромны, но не безграничны. Открытие новых геологических ресурсов всегда создает необходимые предпосылки для дальнейшего развития горнорудной, угольной, нефтегазодобывающей, химической и тяжелой промышленности.

В этом отношении очень показательным является открытие советскими геологами новых крупных месторождений нефти и газа на территории Западной Сибири. За сравнительно короткий период эксплуатации только ча-

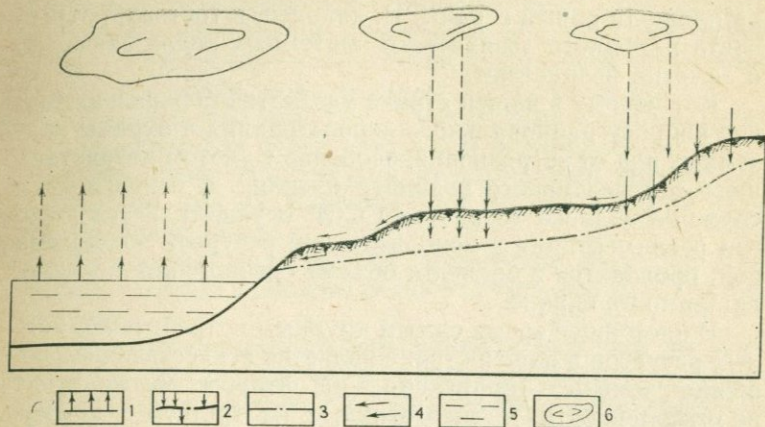


Рис. 1. Схема круговорота воды в природе:

1 — испарение с поверхности океана и моря; 2 — инфильтрация атмосферных осадков в почвенный покров; 3 — горизонт распространения подземных вод; 4 — общее направление стока поверхностных и подземных вод; 5 — океан; 6 — облака

сти наиболее крупных месторождений ранее таежные, слабо обжитые районы преобразовались в современные провинции нефтегазовой промышленности с новыми городами, промышленными предприятиями и уникальными магистральными нефтегазопроводами.

Среди природных геологических ресурсов особое место принадлежит подземным водам, т. е. водам, которые залегают в свободном состоянии в горных породах земной коры ниже поверхности Земли. Особенность эта характеризуется тем, что некоторые разновидности подземных вод являются единственными из природных геологических ресурсов, которые под влиянием естественных процессов круговорота влаги на земле постоянно возобновляются (рис. 1).

Однако, несмотря на это очень важное преимущество, нельзя считать, что ресурсы подземных вод, образующихся в горных породах верхней части земной коры, являются безграничными. Во-первых, общий объем влагооборота на нашей планете является более или менее постоянным и изменяется в небольших пределах. Во-вторых, следует иметь в виду чрезвычайно неравномерное распространение естественных ресурсов подземных вод

на площади нашей страны. И, наконец, в-третьих, потребности народного хозяйства в подземных водах ежегодно и заметно возрастают.

Вот почему в нашей стране уделяется большое внимание вопросу рационального использования и охраны подземных вод от загрязнения, особенно с учетом возрастающего перспективного водопотребления. В связи с этим службой водного хозяйства СССР осуществляется строгая регламентация в использовании ресурсов подземных вод, проводятся в большом объеме специальные исследования по их охране.

В настоящее время самым крупным потребителем водных ресурсов в нашей стране является искусственное орошение земель — ирригация; на втором месте стоит промышленность и энергетика, а на третьем — коммунальное водоснабжение городов, промышленных центров, рабочих поселков и населенных пунктов сельского хозяйства.

Значение ресурсов подземных вод в народном хозяйстве нашей страны хорошо видно из структуры общего потребления (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Структура общего водопотребления, %

Общее водопотребление для целей водоснабжения	Поверхностные воды	Подземные воды	Использование подземных вод на		
			водоснабжение городов	водоснабжение сельскохозяйственных объектов	орошение земель
100	24	76	40	• 26	34

Хозяйственно-питьевое водоснабжение всех городов Советского Союза осуществляется исключительно путем использования ресурсов пресных подземных вод.

В нашей стране есть целые области и крупные районы союзных республик, где подземные воды являются единственным источником водообеспечения, а также инженерной и сельскохозяйственной деятельности человека (север Туркмении, запад Узбекистана, Центральный Казахстан, южные районы Армении и др.).

Академиком В. И. Вернадским был разработан научный принцип единства природных вод нашей планеты.

Поэтому представление об общих водных ресурсах и условиях их образования может быть полным при условии, если имеется в виду характеристика ресурсов поверхностных (реки, озера, моря, океаны) и подземных вод.

По своей совокупности поверхностные и подземные воды между собой тесно связаны и формируют на нашей планете очень важную для жизни единую водную оболочку (см. рис. 1). Строение этой оболочки Земли будет рассмотрено ниже.

Подземные воды земной коры по их значению в народном хозяйстве можно условно подразделить на четыре группы.

Первая группа объединяет различные по химическому составу, так называемые пресные подземные воды, которые содержат в растворенном виде различные вещества в количестве не более 1 г на 1 л.

Эти требования к определению пресных подземных вод определяются не только условиями действующих в СССР Государственных стандартов (ГОСТов), но и требованиями международных стандартов. Объясняется это тем, что пресные подземные воды обладают исключительно высокими качествами и поэтому рекомендуются к использованию в первую очередь для нужд коммунального хозяйственно-питьевого водоснабжения. Положение по этому вопросу предельно четко сформулировано в «Основах водного законодательства Союза ССР и союзных республик».

Многочисленными скважинами, пробуренными на территории СССР, и наблюдениями за режимом было установлено, что пресные подземные воды залегают в горных породах обычно вблизи поверхности Земли, в интервалах глубин в среднем от 10 до 50 м, реже — на глубинах до 200—300—500 м и значительно реже — до 1000—1500 м. Наиболее близко от поверхности пресные подземные воды залегают обычно на площади речных долин, по побережью озер, водохранилищ, где они гидравлически связаны с поверхностными водами и активно участвуют в ежегодном глобальном процессе круговорота влаги Земли.

По данным М. И. Львовича, поверхностные воды в реках очень быстро возобновляют свои ресурсы (32 раза в течение года, или приближенно — каждые 12 дней). Сравнительно быстро, через несколько лет, полностью возоб-

новляют свои ресурсы подземные воды, распространенные на площади речных долин, озер и водохранилищ. Более замедленно протекают процессы круговорота влаги на глубинах 300—500 м. Поэтому пресные подземные воды, залегающие на этих интервалах глубин, практически очень слабо возобновляют свои ресурсы.

Таким образом, ресурсы пресных подземных вод, принимая участие в общем круговороте влаги, ежегодно и непрерывно возобновляются и представляют основное богатство нашей страны для разрешения проблем коммунального хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения.

Во вторую группу входят термальные подземные воды, обладающие повышенной (теплые и горячие воды с температурой до 40—60°) и высокой температурой (от 60 до 100°C), а также так называемые парагидротермы (перегретые подземные воды с температурой более 100°C).

Ресурсы горячих подземных вод используются в народном хозяйстве главным образом для теплоснабжения парниковых хозяйств, обогрева зданий, а также в бальнеологических целях.

Наибольший интерес для народного хозяйства представляют ресурсы подземных вод с высокой температурой, а также парагидротермы, которые используются для выработки электроэнергии. Именно на базе природного тепла земной коры построена первая в СССР на Камчатке Паужетская опытно-промышленная геотермальная электростанция, использующая естественные ресурсы парагидротерм, а также первая в мире опытная фреоновая электростанция — на базе ресурсов Паратунского месторождения термальных вод.

В земной коре термальные подземные воды обычно залегают на больших глубинах (более 1000 м) ниже пояса распространения пресных подземных вод. Несколько иные условия отмечаются в районах молодой вулканической деятельности (Камчатка, Курильские острова и др.), где термальные подземные воды залегают сравнительно неглубоко (200—300 м) и нередко выходят на поверхность в виде горячих ключей. Большая глубина залегания термальных вод в земной коре затрудняет взаимосвязь их с поверхностью и с речными водами. В общей своей массе термальные подземные воды слабо дрениру-

ются речной сетью. Поэтому степень ежегодного возобновления ресурсов термальных подземных вод значительно меньше, чем у пресных подземных вод.

Исключение составляют парагидротермы Камчатки и Курильских островов (рис. 2), приуроченные, как отмечалось, к поясу современной вулканической деятельности. Последняя определяет аномальное (неглубокое залегание от поверхности) распределение подземного тепла в горных породах, а трещиноватость пород и проникновение под поверхность земли выпадающих в изобилии дождей создают очень благоприятные условия для ежегодного возобновления ресурсов термальных подземных вод.

В третью группу входят так называемые промышленные подземные воды, содержащие в растворе повышенное количество некоторых полезных химических элементов или их соединений, извлечение которых для различных нужд народного хозяйства является полезным и экономически рентабельным. Так, например, некоторые разновидности промышленных подземных вод содержат повышенное количество иода и брома. Поэтому ресурсы их служат хорошей минеральной базой для создания химической промышленности, для добычи таких ценных элементов, как иод и бром. Именно таким путем в нашей стране в настоящее время добывается йод и более 70% брома.

Известны многочисленные примеры, когда промышленные подземные воды, кроме йода и брома, содержат в повышенных количествах такие ценные элементы, как цезий, рубидий, стронций, германий, вольфрам, литий, бор и др. Эти элементы извлекаются из промышленных подземных вод в таких странах, как США, Италия, Япония, Турция и др.

В зависимости от наличия высоких концентраций тех или иных элементов, промышленные подземные воды получают соответствующие названия — иодные, бромные, редкометалльные и др.

Учитывая, что промышленные подземные воды являются весьма важными месторождениями полезных ископаемых, для их народнохозяйственного использования в СССР разработаны так называемые кондиционные требования по нижнему пределу содержания тех или иных полезных элементов. Кондиции определяют по существу предел экономической целесообразности извлечения из

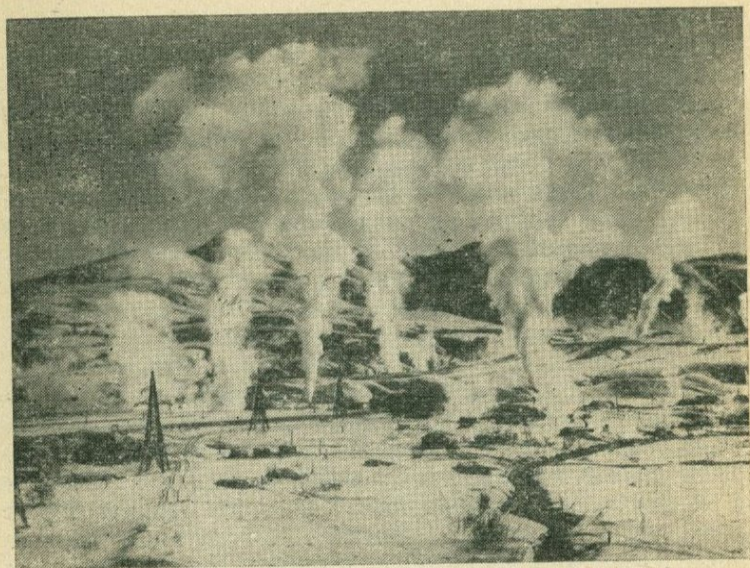


Рис. 2. Парагидротермы Камчатки (фото И. М. Дворова)

состава промышленных подземных вод полезных элементов.

Следует отметить, что общее содержание растворенных в промышленных водах солей и других соединений очень велико и колеблется от 10—15 до 50 г и реже до 300—450 г в объеме 1 литра. В последнем случае подземные воды принято называть промышленными рассолами. Очень часто подземные промышленные воды имеют высокую температуру — до 60—80°C.

В настоящее время в нашей стране разрабатываются новые технологические схемы более комплексного извлечения из промышленных подземных вод полезных компонентов, а также использование природного тепла.

Исследованиями было установлено, что на территории СССР промышленные подземные воды очень часто распространены вместе с нефтяными и газовыми месторождениями и залегают на таких больших глубинах (более 1500—2000 м), что почти не связаны с процессами современного ежегодного питания, которое происходит вблизи поверхности земли путем инфильтрации выпадающих атмосферных осадков. Поэтому принято считать, что про-

мышленные подземные воды практически не возобновляют свои ресурсы.

Наконец, четвертая группа подземных вод объединяет такие их разновидности по химическому и газовому составу, которые обладают бальнеологическими свойствами.

Как показали результаты исследований, в нашей стране подземные воды, обладающие лечебными свойствами, имеют очень широкое распространение и залегают на самых различных глубинах (от 200—300 до 1500—2000 м). К сожалению, практическое использование их осуществляется пока недостаточно полно. Нередко лечебные воды бывают насыщены различными газами и обладают повышенной температурой. В зависимости от состава насыщенных газов лечебные воды называются углекислыми (типа Нарзан, Боржоми, Джермук и др.), сероводородными (типа Мацеста и др.) или метановыми (типа промышленных подземных вод).

В настоящее время ресурсы лечебных подземных вод в нашей стране используются главным образом на стационарных курортах, где лечение больных проводится под врачебным контролем. Наряду с этим в последние годы в Советском Союзе стало развиваться так называемое внекурортное лечение трудящихся. Лечебные воды буровыми скважинами выводятся с глубин на поверхность непосредственно на территории городов, рабочих поселков или сельскохозяйственных населенных пунктов. Нередко бурение скважин для этой цели производится на территории действующих городских лечебниц, что ускоряет их использование для внекурортного лечения. При таких условиях трудящимся предоставляется возможность периодически принимать лечебные ванны, что способствует профилактике заболевания.

В настоящее время внекурортное лечение хорошо организовано в Москве, Тбилиси, Орджоникидзе, Ташкенте, Иркутске, Омске, Тюмени и других городах.

Кратко описанные выше четыре группы подземных вод, формируя в верхних горизонтах земной коры единую подземную водную оболочку Земли, представляют очень важное природное богатство нашей страны.

Нашими учеными впервые в мировой практике разработана и внедрена методика количественной оценки ресурсов всех типов подземных вод. Результаты подсчета

показали, что на территории Советского Союза формируются значительные ресурсы пресных, термальных, промышленных и лечебных подземных вод. Потребность народного хозяйства в различных типах подземных вод в настоящее время удовлетворяется полностью.

Количественная оценка общих ресурсов подземных вод и закономерности их распространения на территории СССР могут служить хорошей научной основой для перспективного планирования их использования в различных отраслях народного хозяйства. Такие результаты оценки являются крупным достижением отечественной гидрогеологии — науки, изучающей происхождение и историю образования и распределения в земной коре подземных вод.

Следует отметить, что общие ресурсы подземных вод в целом по стране хотя и значительные, но распределены чрезвычайно неравномерно. Именно поэтому в некоторых районах нашей страны уже сейчас ощущается недостаток в пресных подземных водах (южные районы Украины и европейской части РСФСР, Центральный Казахстан, Туркмения и др.), а в других отмечается их избыток.

В настоящей работе рассматриваются природные условия образования, распространения и использования преимущественно пресных вод, ресурсы которых, как отмечалось, постоянно возобновляются и являются наиболее ценным источником для многих отраслей народного хозяйства.

Остальные три группы подземных вод освещаются в меньшей степени, только в объеме, характеризующем подземную часть водной оболочки Земли. Термальные, промышленные и лечебные подземные воды, имеющие специфические условия образования, должны рассматриваться самостоятельно.

В эпоху интенсивного потребления ресурсов подземных вод чрезвычайно важное значение приобретают вопросы их рациональной эксплуатации и использования, охраны от загрязнения, а также борьба с безвозвратными потерями. В совокупности эти процессы являются составной частью глобальной проблемы современности.

Рассматривая окружающую среду как материальную систему человек—природа—техника, в которой составляющие компоненты находятся во взаимодействии, не-

трудно заметить, что подземные воды в ней играют весьма важную роль, особенно в тех случаях, когда под влиянием крупного водохозяйственного строительства происходит коренное преобразование природных условий. В этих преобразованиях подземные воды нередко являются главной составной частью природной среды.

Эти аспекты роли подземных вод в формировании окружающей среды рассмотрены в специальных главах книги.

В ряде директивных решений Коммунистической партии и Советского правительства отмечается, что охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в эпоху современного научно-технического прогресса является одной из важнейших общегосударственных задач. Исходя из этого важного положения, в нашей стране успешно осуществляются конкретные организационно-технические мероприятия.

18/1
Так, в 1972 г. с целью улучшения использования водных и земельных ресурсов Верховным Советом были приняты и утверждены «Основы водного законодательства СССР и союзных республик» и «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», строго регламентирующие взаимоотношения между заинтересованными государственными ведомствами и общественными организациями.

Большое значение имеет принятое в 1972 г. постановление Верховного Совета СССР (четвертая сессии восьмого созыва) «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов».

В этом постановлении подчеркивается, что «Рациональное использование, сохранение и воспроизводство природных ресурсов, бережное отношение к природе является составной частью программы строительства коммунизма в СССР». Это важное постановление целиком относится и к рациональному использованию ресурсов подземных вод.

В планах развития народного хозяйства нашей страны предусмотрено широкое проведение научно-исследовательских работ по разработке научных основ охраны и защиты природы и рациональному использованию природных ресурсов.

Учитывая, что охрана природных ресурсов в Советском Союзе является важнейшей государственной задачей, делом всего народа, наше правительство всемерно поддерживает активную деятельность общественных организаций и в первую очередь. Всесоюзного общества охраны природы. Центральный Совет и местные организации общества проводят в нашей стране большую воспитательную и просветительную работу по бережному отношению советских людей к природным ресурсам. Особое внимание уделяется воспитанию у молодежи любви к родной природе, к ее красотам и достопримечательностям. Большая работа членами общества проводится и по воспроизводству природных ресурсов (посадка леса и др.).

Бережное отношение к богатствам Земли и ее недрам, к окружающей среде, охрана и рациональное комплексное использование этих богатств является непреложным законом нашего социалистического общества. Именно поэтому в нашей стране учреждена целая система государственных органов по охране природы и ее ресурсов. Эти органы наделены необходимыми правами и полномочиями, включая право контроля и применения санкций к нарушителям. К таким органам относятся государственные органы санитарного надзора, охраны вод, горного надзора, лесоохраны, гидрометеослужбы и пр.

ОКРУЖАЮЩАЯ
СРЕДА
И
ЧЕЛОВЕК



Вся жизнь и деятельность человека всегда протекает в условиях взаимодействия с природной окружающей средой. В процессе этого взаимодействия постоянно возникают противоречия. Хозяйственная и инженерная деятельность человека и общества в целом приводит к нарушению исторически сложившегося динамического равновесия природной среды. До наступления научно-технической революции степень воздействия человека на окружающую среду была незначительной. Природные производительные силы могли сами «залечивать раны», нанесенные деятельностью человека. Естественным путем очень быстро происходило возобновление ранее истребленных лесных ресурсов, рыбы, птицы и животных. Химическая загрязненность окружающей среды (воздуха, воды, почвы) сравнительно быстро нейтрализовалась под влиянием самоочищающих природных процессов. В связи с этим человек и общество в целом не проявляли особого беспокойства за сохранение необходимого качества окружающей среды, охраны ее от истощения и загрязнения.

Иные положения в процессах взаимодействия человека с окружающей природой сложились в эпоху современной научно-технической революции:

Мощный и стремительный технический прогресс во всех сферах хозяйственной и технической деятельности открывает широкие возможности удовлетворения материальных и духовных потребностей нашего общества. Вместе с ростом производительных сил требуется все более

интенсивная эксплуатация природных ресурсов, которая приводит к более глубокому воздействию на преобразования окружающей среды.

В этом отношении двадцатый век характеризуется тем, что процессы воздействия человека на окружающую среду приобрели глобальные масштабы и привели к коренному изменению динамического природного равновесия. Загрязнение окружающей среды стало весьма ощутимым, в некоторых капиталистических странах оно носит угрожающий для жизни человека характер и требует принятия срочных мер по защите воды, воздуха, почвы, животного и растительного мира от наиболее опасной в этом отношении химической зараженности.

В настоящее время общее количество разнообразных промышленных отходов (в том числе и токсических веществ), сбрасываемых заводами мира в водоемы и на поверхность земли, оценивается учеными в 32 млрд. м³ в год. При этом многие промышленные стоки оказались устойчивыми в окружающей среде: длительное время они не распадаются и не окисляются. В результате этого биосфера Земли потеряла темпы самоочищения, и некоторые промстоки оказались вне круговорота вещества в биосфере.

Глобальные масштабы вредного последствия в нарушении динамического равновесия природных условий потребовали разработки международных программ защиты биосферы и охраны природы от загрязнения и истощения. Известны в этом отношении действующие в настоящее время советско-американское и советско-французское соглашения, а также совместные научные исследования стран — членов СЭВ.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Что же такое окружающая среда обитания человека? Какова общая роль подземных вод в формировании окружающей среды?

Окружающая среда — это прежде всего так называемая биосфера, т. е. внешняя оболочка нашей планеты, включающая все живое вещество, населяющее землю, в том числе и человека (человек, животные, растения, микроорганизмы и др.). Такая биологическая оболочка является неизолированной, она находится на границах та-

ких сфер Земли, как атмосфера, гидросфера и литосфера. Эта система сфер Земли постоянно находится во взаимодействии.

Атмосфера — внешняя сфера Земли, которая слагает воздушный океан планеты и, таким образом, непосредственно контактирует с космическим пространством.

Гидросфера образует поверхностную водную оболочку нашей планеты и, как отмечалось, частично проникает в литосферу. Она состоит из тесно взаимосвязанных двух частей — поверхностной (реки, озера, моря, океаны) и подземной (совокупность различных типов подземных вод, залегающих непосредственно в слоях литосферы Земли).

Литосфера — это твердая наружная оболочка Земли, включающая земную кору (верхние горизонты литосферы) и нижележащую оболочку — верхнюю часть верхней мантии. Верхняя граница биосферы определяется примерно 10—15-километровым слоем атмосферы, а нижняя — находится в литосфере предположительно на глубинах 3—5 км, т. е. охватывает верхнюю часть гидрогеосферы.

Впервые наиболее глубоко и полно представление о биосфере и ее роли в геологических процессах было разработано крупным русским ученым В. И. Вернадским.

Понятие окружающая среда, как видим, довольно обширное и емкое. Оно включает растительный и животный мир, географические условия, климат, природные ресурсы (воду, воздух, землю, почву, геологические ресурсы) и, наконец, результаты производственной деятельности человека. Окружающая среда — это не просто научное понятие, это объективный мир, та реальность, в которой проходит жизнь и деятельность человека.

Природная среда обитания человека или, как ее называют некоторые ученые, геосфера представляет собой, таким образом, очень сложную, но целостную и взаимодействующую материальную систему, состоящую из перечисленных выше оболочек Земли и природных компонентов, непосредственно оказывающих свое влияние на условия обитания человека. Все оболочки между собой тесно связаны постоянным, исторически сложившимся взаимным обменом вещества и энергии, так называемым глобальным круговоротом вещества и энергии нашей планеты.

В начале круговорота (обмена) вещества стоит важный для биосферы процесс — фотосинтез. Зеленые растения Земли поглощают углекислоту, воду и минеральные вещества. Используя солнечную энергию, они синтезируют поглощенные вещества, образуя углеводы, другие органические вещества, а также свободный кислород. Это единственный на Земле процесс, который продолжительное время поддерживает содержание кислорода на нашей планете.

Зеленые растения и их биомасса являются пищей различных животных, порождая тем самым вторичную продукцию. Таким образом, сама биосфера без влияния деятельности человека организовала, по выражению акад. А. П. Виноградова, технологию безотходного производства вещества — продукты жизнедеятельности одних организмов необходимы для жизни других организмов. В этих процессах почти все утилизируется, образуя глобальный биологический круговорот вещества и энергии биосферы.

Таким образом, современная биосфера Земли начала формироваться со времени появления фотосинтезирующих организмов — разнообразных водных и наземных зеленых растений.

Важнейшим составляющим элементом биосферы является почва, без которой ничто живое на Земле не могло бы существовать. Почва и микроорганизмы, обитающие в ней, обеспечивают и поддерживают жизнь, создавая биологически чистую воду, оптимальный состав воздуха и разнообразие пищи. Почвенный покров и населяющие микроорганизмы являются универсальным биологическим адсорбентом — вечным санитаром и нейтрализатором загрязнений.

Важная роль принадлежит системе — «почва — растения» как источнику продуктов питания.

Большую роль в формировании окружающей среды играет лес, природные ресурсы которого способны самовосстанавливаться, а также оптимальный режим атмосферы и гидросферы.

Процессы круговорота вещества и энергии биосферы постоянно находятся в динамическом равновесии. По мнению А. М. Рябчикова, такое равновесие на первых стадиях формирования биосферы определили следующие пять главных энергетических факторов: солнечная радиа-

ция, сила гравитации Земли, тектоническая активность, химическая и биогенная энергия. Развиваясь сопряженно, эти пять ведущих энергетических факторов сформировали природную среду и самого человека. С возникновением социально-организованного человека и общества появился новый, шестой фактор, необратимо нарушающий подвижное равновесие в круговороте вещества и энергии, — энергия мирового производства. Как показывает расчет мировой экономики, этот фактор, в отличие от других, имеет тенденцию в последнее время к удвоению мощности через каждые 14—15 лет.

Что представляет собой этот фактор — энергия мирового производства, необратимо нарушающий природное динамическое равновесие?

Прежде всего это производительные силы социально-организованного общества, интенсивное развитие которых приводит к коренному нарушению природной среды. Масштабы деятельности общества в развитии производительных сил стали поистине гигантскими. По данным А. М. Рябчикова, в настоящее время человечество освоило и эксплуатирует 56% всей поверхности нашей планеты. Это организованные поля орошения, посевные площади, сады, пастбища, сенокосы, площади, занятые городами и другими населенными пунктами, различные дороги, территории разработки месторождений полезных ископаемых, лесоразработки и пр.

Современная промышленность всего мира ежегодно сбрасывает в реки, озера и моря огромные объемы промышленно-бытовых отходов. Из недр Земли ежегодно извлекается около 100 млрд. т различных полезных ископаемых, выплавляется около 800 млн. т различных металлов, производится до 50 млн. т неизвестных в природе синтетических материалов. В сельском хозяйстве на поля рассеивается свыше 300 млн. т минеральных удобрений и до 4 млн. т различных ядохимикатов.

Во всех странах мира ежегодно сжигается в различных топках (включая двигатели внутреннего сгорания) около 7 млрд. т условного топлива, при этом сбрасывается в атмосферу до 23 млрд. т углекислого газа (CO_2), что, по мнению акад. А. П. Виноградова, приводит к постепенному накоплению CO_2 в атмосфере. Последнее обстоятельство является неблагоприятным для окружающей среды. Углекислота в атмосфере действует как

стекло в оранжерее — пропускает солнечную радиацию и не пропускает обратно тепловое инфракрасное излучение, образуя так называемый «парниковый эффект». Вот почему многие ученые мира обеспокоены накоплением «индустриальной» углекислоты в атмосфере.

В огромном комплексе индустриального влияния на окружающую среду наиболее реальной опасностью для биосферы Земли является нарушение химического равновесия. Такое нарушение вызывается несовершенной технологией добычи, транспортировки, производства и последующего потребления различного сырья. Так, например, при добыче, транспортировке, переработке и использовании во всех странах мира ежегодно теряется около 50 млн. т нефти и нефтепродуктов, что составляет примерно 2% от общей добычи сырья.

В результате этого происходит постоянное загрязнение среды нефтепродуктами, очень стойкими в почвах и воде.

Большая химическая зараженность окружающей среды отмечается при употреблении препарата ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтана), используемого в борьбе с вредителями сельского хозяйства. В результате 25-летнего периода его применения было рассеяно около 1,5 млн. т препарата. Теперь установлено, что ДДТ очень медленно разрушается и окисляется и его остатки оказывают вредное воздействие на все живые организмы.

По сообщению американской печати, только в США количество веществ, поступающих в водоемы и атмосферу, достигло в 1972 г. 180 млн. т. Причем в этих отходах содержится более 600 тыс. разнообразных химических веществ, из которых многие способны накапливаться в окружающей среде.

Интенсивное химическое загрязнение природной среды индустриальными и бытовыми отходами и препаратами привело к тому, что биосфера Земли потеряла темпы самоочищения, не справляясь с тем инородным грузом, который человек в нее вносит в результате своей производственной и хозяйственной деятельности.

В связи с интенсивным развитием производительных сил во всех странах мира стал отмечаться недостаток чистой питьевой воды, в том числе в подземных водах. Объясняется это, во-первых, огромным ростом водопотребления в промышленности, в сельском и коммуналь-

ном хозяйстве и, во-вторых, загрязнением большинства рек и озер и неглубоко залегающих подземных вод индустриальными и бытовыми отходами.

Наблюдениями было установлено, что промышленные города, подобно вулканам извергают в атмосферу, почву и водоемы свыше 1000 различных химических соединений. А. М. Рябчиков приводит в этом отношении любопытное сравнение. В настоящее время на нашей планете насчитывается свыше 400 крупных промышленных городов (из них 136 городов-миллионеров) и 578 активных вулканов.

Масса продуктов извержения вулканов в среднем за год (за последние 400 лет) составила до 2,5 млрд. т лавы, пепла, газов и водяных паров. А все города мира ежегодно выбрасывают в окружающую среду до 3 млрд. т твердых промышленных и бытовых отходов, свыше 500 км³ стоков и около 1 млрд. т различных аэрозолей.

Концентрация пыли и других загрязнений в атмосфере «среднего мирового города» в 150 раз, а в сельской местности в 10 раз выше, чем над океаном.

Таким образом, видно, что между производственными силами современного общества, достигшего огромного технического прогресса, и производительными силами природы сложились в настоящее время глубокие противоречия, которые привели к коренному нарушению динамического равновесия окружающей среды.

Таблица 2

Промышленное производство основных стран и их влияние на загрязнение окружающей среды (по данным А. М. Рябчикова)

Страны	Население %	Промыш- ленная продук- ция, %	Средний годовой прирост продукции за 1951— 1971 гг., %	Доля мирового загряз- нения среды, %
Социалистические	33	39	9,0	24
Капиталистические	19,5	53	5,1	63
Развивающиеся	47,5	8,0	7,0	13

В этом отношении представляют интерес данные, характеризующие долю мирового промышленного произ-

водства основных групп социалистических, капиталистических и развивающихся стран и их влияние на планетарное загрязнение среды (табл. 2).

По данным американских журналов, в 1965—1968 гг. для США доля мирового загрязнения окружающей среды составляла около 40%. Это и понятно, поскольку США потребляют одну треть мировых энергетических ресурсов, эксплуатируют 44% всех автомобилей в мире, а модернизация производства идет медленно.

Анализ данных показывает, что атмосфера, почва и водоемы в таких странах, как США, ФРГ, Япония и другие, загрязнены в несколько раз больше, чем в СССР. Причиной этого является несоответствие между капиталистической формой производства, общественным характером труда и жизненно важной общественной ценностью, какой для всех людей является окружающая среда.

Именно на это обстоятельство обратил внимание Ф. Энгельс, который внес огромный вклад в развитие научных представлений об изменении природы под влиянием деятельности человека. Эти научные положения изложены в фундаментальном труде Ф. Энгельса «Диалектика природы».

Только при господстве на Земле гармонически развитого социалистического общества можно не только эффективно сохранить, но и существенно улучшить качество окружающей среды, не снижая темпов роста производства.

Таким образом, расхищение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды — это, в конечном счете, не только экономическая, но и социальная проблема. Главным препятствием для рационального использования ресурсов в глобальном масштабе является антагонистическая социальная система, ибо многое, что выгодно обществу в целом, может быть совершенно невыгодно для капиталистического производства.

Из всего сказанного следует, что понятие «окружающая среда» включает в себя также социально-экономическую структуру общества, образ жизни и перспективу развития народов, населяющих различные части земного шара.

Известный бразильский ученый Жозуэ де Кастра в своей монографии «География голода» обращает внима-

ние на социальные аспекты понятия «окружающая среда». Ученый считает, что капиталистическая система — это расхититель природных и человеческих ресурсов нашей планеты. Гонка вооружений капиталистических стран, которая отвлекает от решения насущных задач общества колоссальные ресурсы, — это расточитель № 1.

В СССР и других социалистических странах рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды возведены в ранг государственной политики. В Советском Союзе только за последние годы общегосударственные расходы по сохранению и улучшению природной среды превышают 2,5% национального дохода.

Технические возможности развитых капиталистических стран весьма велики. Однако усилия правительств этих стран по защите окружающей среды находятся в противоречии со стремлением монополий к максимальным прибылям и неудержимой гонке вооружения.

Из сказанного видно, какое огромное значение для жизни человека имеет окружающая среда и насколько важно организовать рациональное использование природных ресурсов.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Какова же роль подземных вод в этой общей проблеме? Каково влияние их на формирование окружающей среды обитания человека и вообще всего живого на Земле? Выше отмечалось, что поверхностные и подземные воды, характеризующие собой единство природных вод, образуют на нашей планете очень важную для жизни водную оболочку Земли.

Подземные и поверхностные воды формируют одну из основных частей биосферы и, таким образом, являются составной частью окружающей среды обитания человека.

Ответить на поставленные вопросы поможет экология — наука о жизни и структуре природы, о взаимосвязи организма и среды, о деятельности живого покрова Земли; наука, составляющая теоретические основы поведения человека индустриального общества в природе. По мнению С. С. Шварца, три планетарные функции биосферы играют в жизни человека особую роль:

- а) биологическая продуктивность, которая обеспечивает все живое на Земле продуктами питания;
- б) оптимальный баланс гидрологического и газового состава окружающей среды;
- в) биологическая очистка.

Как видно из этого положения, гидрологический состав окружающей среды играет одну из особых ролей в формировании окружающей среды.

Что же представляет собой гидрологический состав окружающей среды? Гидрология — наука, изучающая поверхностные воды нашей планеты, которые тесно связаны с подземными водами Земли. Многие реки, особенно на площади европейской части Союза, берут свое начало из родников (источников), а во многих районах нашей страны поверхностные воды отсутствуют, и подземные воды являются единственным источником жизни. Таким образом, одним из решающих факторов формирования окружающей среды являются пресные поверхностные и подземные воды.

В самом деле, вода — это та необходимая и составная часть окружающей среды, которая создает условия для существования всего живого на нашей планете и прежде всего человека. Вода — кровеносная система Земли, которая является подлинным источником жизни.

Распространение растений и животных на нашей планете всегда связано с наличием пригодной для их жизни воды (поверхностной или подземной). Там, где вода в изобилии, все живое процветает и размножается. Там, где воды мало или она отсутствует, жизнь замирает.

Только в условиях благоприятного водного режима природная среда обеспечивает существование нормально развивающихся и жизнеспособных растительных и животных сообществ.

Вода всегда оказывала существенное влияние на формирование человеческой культуры и развитие цивилизации, значительно больше, чем все другие природные ресурсы нашей планеты. Реки и озера во всех странах мира всегда играли важную роль в размещении производительных сил городов и других крупных населенных пунктов.

Не только крупные города, но и любое поселение человека всегда создается на том месте, где есть питьевая

вода, будь это река или выход подземных вод на дневную поверхность в виде родников (источников).

Акад. В. И. Вернадский отмечал следующее: «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных, геологических процессов».

Большое значение в формировании гидрологического и гидрогеологического состава окружающей среды имеет исторически сложившийся на нашей планете глобальный круговорот влаги.

С поверхности океана испаряющаяся вода в виде водяного пара попадает в воздух. Ветер переносит обогащенный влагой воздух на материк, где водяные пары, конденсируясь, образуют облака. Под влиянием изменяющихся атмосферных условий излишек накопившейся в облаках влаги выпадает на поверхность земли в виде атмосферных осадков: дождя, снега, града. Выпавшие атмосферные осадки частично вновь испаряются в воздух, часть стекает с гор, возвышенностей в реки и озера и, наконец, некоторая часть осадков фильтруется в почву и расходуется на постоянное питание подземных вод.

После длительного пути речные и подземные воды вновь возвращаются в моря и океаны, замыкая, таким образом, непрерывно действующий на Земле цикл влагооборота.

На различной глубине ниже поверхности земли располагается зона постоянного и полного насыщения горных пород подземными водами. В них образуются водоносные пласты и происходит накопление ресурсов подземных вод.

Выше отмечалось, что для многих районов СССР, в пределах так называемой аридной зоны, подземные воды играют решающую роль в формировании окружающей среды. Аридная зона характеризуется сухим климатом, где испарение преобладает над количеством выпадающих атмосферных осадков; реки с постоянными поверхностными водами обычно отсутствуют. В пределах аридной зоны, как правило, располагаются пустыни и полупустынные территории.

Именно в такой зоне развиты крупнейшие в нашей стране пустыни Каракумы (в Туркмении), Кызылкумы (в

Узбекистане) и Муюнкумы (Бетпакдала) в Южном Казахстане и др.

На площади этих пустынь отсутствуют поверхностные воды за исключением крупных рек (Сырдарья, Амударья), которые берут свое начало вне аридной зоны высоко в среднеазиатских горах и транзитом проносят сток речных вод в Аральское море.

Подземные воды в перечисленных пустынях являются единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов и водопоя скота. На территории этих пустынь организована крупнейшая в нашей стране животноводческая база для развития наиболее ценной разновидности скотоводства—каракулеводства.

Усилиями советских геологов на территории пустынь было открыто несколько крупных артезианских бассейнов с весьма значительными запасами подземных вод, фонтанирующих во всех буровых скважинах. Это позволило организовать вокруг каждой скважины оазисное орошение небольших территорий с целью создания прочной кормовой базы для каракулеводства.

Еще одно обстоятельство убедительно подтверждает исключительно важную роль подземных вод в формировании окружающей среды — это подземные воды в почвенном покрове, парообразная влага в почвах и, наконец, естественная влажность почв. Без этих факторов ничто живое в почвах невозможно. Общеизвестна роль почвенной влаги в развитии всех сельскохозяйственных культур. Осушенная почва — это безжизненная среда, очень быстро подвергающаяся ветровой эрозии.

КАК ВОЗНИКЛА ВОДА НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ

Вода содержится в атмосфере, она распространена на поверхности нашей планеты, образуя мировой океан, внутренние моря, озера и реки, а также прослеживается под поверхностью земли в пластах горных пород. Все эти воды имеют своим первоисточником глубинные подземные воды нашей планеты.

Согласно наиболее распространенной современной гипотезе, наша планета образовалась за счет сгущения холодного газо-пылевого облака. Состав этого облака условно принимается близким к составу каменных метеоро-

ритов, содержащих в среднем 0,5—1% связанной воды. Это позволяет предполагать, что образование воды внутри Земли и на ее поверхности должно быть объяснено образованием наружных геосфер.

Однако для того, чтобы образовалась геосфера нашей планеты, в том числе и гидросфера (подземная и поверхностная ее часть), а также свободная (не связанная с породой) вода, нужна была энергия. В настоящее время большинство ученых считают, что решающую роль в этих процессах сыграло внутреннее радиогенное тепло нашей планеты, образовавшееся в результате естественного радиоактивного распада урана, тория, калия-40 и некоторых других элементов.

В соответствии с гипотезой акад. А. П. Виноградова, выплавление из мантии нашей планеты легкоплавких и легколетучих компонентов происходило по принципу зонной плавки (см. гл. VI). К наиболее летучим веществам принадлежит, наряду с газами, и вода. Выплавление летучих элементов, выделение связанной воды протекало под влиянием глубинного тепла.

По данным экспериментальных исследований Института геохимии им. В. И. Вернадского АН СССР, магма при давлении 9 тыс. атм* и температуре 1200°C может содержать около 18 вес. % воды. По наблюдениям за действующими в настоящее время вулканами, магма содержит от 5 до 12% воды.

Подсчеты показали, что этого количества воды, высвобождающейся из пород, вполне достаточно для образования гидросферы Земли.

Вода выделялась из расплавов, в которых она растворена в глубоких недрах Земли, а оттуда сложными путями пробивалась на дневную поверхность, образуя поверхностные воды Мирового океана. Далее, испаряясь, вода пспадала в атмосферу и затем в глобальный круговорот влаги, в том числе и на образование подземных вод верхних горизонтов земной коры. Предполагается, что первичный Мировой океан покрывал почти всю поверхность планеты, затем под влиянием процессов тектогенеза происходило изменение высот суши и глубин океана. Поверхностная часть гидросферы Земли приобрела современные очертания.

* В Международной системе единиц 1 атм=10⁵ Па.

Появление на нашей планете пресной воды связано с процессами испарения с поверхности Мирового океана и выпадением из образовавшейся впоследствии кислородной атмосферы осадков в форме дождя и снега. Эти процессы наиболее интенсивно стали проявляться после появления жизни на Земле и, в частности, растений, которым и обязана существованием современная кислородная атмосфера.

После возникновения атмосферного круговорота воды на нашей планете постепенно сформировалась подземная часть гидросферы — образование водоносных горизонтов в верхних слоях литосферы по мере роста ее мощности.

Таким образом, первичная форма воды на нашей планете принадлежит к химически связанной воде в веществе типа каменных метеоритов. Под влиянием высокой температуры связанная вода постепенно превращалась в свободную и при выплавлении и дегазации земных геосфер перемещалась вверх, изливаясь на поверхность и образуя Мировой океан.

Эти процессы увеличения объема воды и роста литосферы продолжают и по настоящее время. По данным В. Ф. Дерпгольца, уровень Мирового океана за тысячелетие повышается примерно на 1 м (1 мм в год).

Вода, впервые поступающая в наружные части литосферы из ее глубин, получила название *ювенильной*.

РОЛЬ НАУКИ В РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ОХРАНЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

При решении проблемы рационального использования природных ресурсов, защиты биосферы и охраны окружающей среды значительная роль принадлежит науке.

Поскольку загрязнение окружающей среды приобрело планетарный характер и некоторые разделы общей проблемы не могут быть успешно решены только в рамках одной страны, Советский Союз подписал ряд международных соглашений по проведению совместных программ научно-исследовательских работ (с США, Францией и со странами — членами СЭВ).

При обсуждении научных исследований в области последствий химического загрязнения биосферы советские

и американские ученые определили следующие направления исследовательских работ.

1. Изучение главных источников загрязнения окружающей среды и их устойчивости в ней.

2. Определение количественными методами степени опасности каждого вида загрязнения.

3. Разработка и применение эффективных методов защиты от наиболее опасных источников загрязнения.

Эти три основные направления научных исследований относятся главным образом к изучению наиболее опасной для окружающей среды химической зараженности.

Проблема охраны биосферы и окружающей среды может быть успешно решена путем разработки новых технологических схем и процессов, которые позволили бы организовать в нашей промышленности и сельском хозяйстве малоотходные или безотходные производства, работающие по замкнутому циклу.

Для пересмотра действующих технологических схем потребуется продолжительное время. Однако современная проблема по защите биосферы и окружающей среды имеет значение для целого поколения.

Наряду с этим в нашей стране проводится большой комплекс специальных научных исследований в области изучения геологических процессов, возникающих в верхней части земной коры и на поверхности при крупном водохозяйственном строительстве, при интенсивной эксплуатации природных ресурсов, в том числе при интенсивной эксплуатации подземных вод. Главная задача специальных исследований состоит в том, чтобы выявить геологическую структуру природной среды на площади инженерной деятельности человека, разработать долгосрочный научно-технический прогноз возможных изменений с учетом перспективного развития нашего народного хозяйства и обосновать меры по предотвращению отрицательных воздействий некоторых процессов на окружающую среду.

В социалистическом обществе оценивать проблему будущих взаимоотношений человечества и природной среды целесообразно по принципу гармоничности. Все должно развиваться гармонично и прежде всего использование и охрана природных ресурсов. Это подчеркивается в постановлении, принятом на четвертой сессии Верховного Совета СССР «О мерах по дальнейшему улучше-

нию охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов». Исходя из этого главного принципа, проблема рационального использования ресурсов и охраны природы выдвигает перед учеными очень важные новые научно-технические задачи. Требуется разработать научно-теоретические основы принципа гармоничности. В связи с этим важно найти решение многих вопросов: как следует регулировать сложные процессы взаимодействия человека и природы? Как можно избежать в многообразии этого взаимодействия вредных последствий в природной среде? До каких пределов можно использовать природные ресурсы и пути их воспроизводства? и т. д.

Для координации и разработки основных направлений научных исследований в этой области в Государственном комитете по науке и технике при Совете Министров СССР образован Межведомственный научно-технический совет по комплексным проблемам охраны окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, в состав которого вошли крупные ученые Академии наук СССР, а также всех заинтересованных ведомств.

Академии наук СССР совместно с промышленными министерствами поручено разработать методику экономической оценки использования важнейших природных ресурсов, а также принять участие в разработке долгосрочного научно-технического прогноза тех изменений в биосфере, которые могут возникнуть в результате комплексного развития народного хозяйства в ближайшие 20—30 лет.

В долгосрочном прогнозе, на основании результатов специальных исследований, должны быть определены меры по предотвращению отрицательного воздействия инженерной и хозяйственной деятельности человека на природную среду, а также разработана программа по дальнейшему развитию комплексных исследований.

В этой общей программе научных работ предусматриваются также специальные исследования по прогнозной оценке рационального использования и охраны водных ресурсов СССР, в том числе ресурсов различных типов подземных вод.

Так, например, в связи с намечаемой переброской северных рек европейской части РСФСР в бассейн Волги, а также Западносибирских рек в Среднюю Азию Акаде-

мией наук СССР, Московским государственным университетом им. М. В. Ломоносова, Гидропроектом и многими другими организациями проводится большой комплекс многолетних геологических и гидрогеологических исследований с целью разработки прогноза возможных изменений природной среды и определения мер борьбы с вредными последствиями этих изменений (на ландшафтно-географические условия, формирование ресурсов подземных вод, на подтопление территории в зоне влияния будущих каналов и др.).

Нет сомнения, что в условиях социалистического строя, когда огромные природные богатства принадлежат народу, будут разработаны научные основы природопользования, внедрение которых, наряду с новыми технологическими схемами малоотходного или безотходного производства, позволит обеспечить правильное гармоническое решение главной проблемы современности — рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды.

РОЛЬ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В нашей стране охрана природы немыслима без активного участия широких масс населения.

Наша Родина занимает большую площадь (22,0 млн. км²), которая составляет примерно 20% всей поверхности Земли. Советский Союз располагает огромными природными богатствами, в том числе значительными ресурсами поверхностных и подземных вод. Бережное отношение к этим богатствам, рациональное и комплексное использование, охрана окружающей среды в интересах всего народа являются непреложным законом социалистического общества. Поэтому в Советском Союзе создан ряд крупных общественных организаций, к деятельности которых привлекаются широкие слои населения, в том числе массовое участие принимает молодежь. Так, Всесоюзное добровольное общество охраны природы в своих рядах объединяет огромный коллектив активистов; только Всероссийское общество охраны природы охватывает более 20 миллионов человек. Это крупное добровольное общество имеет свой устав и программу и проводит во всех уголках нашей страны очень полезную и плодотвор-

ную работу по охране природных ресурсов и окружающей среды от загрязнений и истощения.

Активное участие в этом общественном деле принимают крупные ученые нашей страны, государственные деятели, советская молодежь, школьники и пионерские организации. Кружки в школах «Юный натуралист» и «Любители природы» выполняют большую работу по воспроизводству леса, оберегают населенные пункты от загрязнений и проводят дозоры — наблюдения за рациональным использованием природных ресурсов. В работе добровольного общества охраны природы ведущая роль принадлежит ученым, инженерам, специалистам, квалифицированным рабочим. Центральное правление и первичные ячейки общества на местах проводят большую лекционную работу по пропаганде политики нашей партии и правительства по рациональному, комплексному использованию и охране природных ресурсов, сохранению окружающей среды. Общество осуществляет также общественный контроль за соблюдением на местах «Основ водного законодательства Союза ССР и союзных республик», а также за выполнением решений нашей партии и правительства по охране окружающей среды и созданию необходимых условий по предотвращению вредных последствий производственной деятельности человека.

В повышении эффективного использования природных ресурсов и охране окружающей среды большое значение имеет распространение знаний по охране природы и широкое разъяснение среди масс политики Коммунистической партии и Советского правительства по данной проблеме.

В решении этой задачи важная роль принадлежит общественным организациям — обществам по охране природы, а также Всесоюзному обществу «Знание».

ЧТО ТАКОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Как видно из изложенного, в нашей стране в интересах социалистического общества проводится огромная созидательная работа по рациональному использованию природных ресурсов и защите окружающей среды. В промышленном производстве и сельском хозяйстве появился целый самостоятельный раздел капиталовложений, на-

правленных на строительство очистных сооружений, рекультивацию земель, воспроизводство некоторых видов природных ресурсов и др. Главная цель этих мероприятий состоит в защите окружающей среды от загрязнений и истощения.

Большой комплекс мероприятий по охране природы (в широком смысле этого понятия) в нашей стране по своему содержанию и экономической ценности превратился в особый, планируемый в государственном масштабе вид хозяйственной деятельности — природопользование, которое является комплексным. Оно охватывает некоторые стороны хозяйственной деятельности, такие, как землепользование, водопользование, использование лесных богатств и др.

Каждый раздел природопользования имеет свои законы и научную основу рациональной эксплуатации естественных богатств.

Ушли в прошлое те времена, когда человек, будучи на полном иждивении природы, расточительно использовал ее резервы, загрязняя промышленными отходами, а природа сама успешно справлялась с их нейтрализацией, поддерживая и восстанавливая равновесие в вечном, глобальном круговороте вещества и энергии на нашей планете. В настоящее время темпы загрязнения окружающей среды во многих случаях превышают скорость их естественного распада в природе. Поэтому природная среда нуждается в активной защите и больших капиталовложениях в ее реконструкцию и рекультивацию. Экономисты подсчитали, что рост затрат на воспроизводство природных ресурсов и защиту окружающей среды за последние 10 лет в нашей стране превышает рост общих капиталовложений и национального дохода.

Таким образом, основные направления хозяйственной деятельности нашего общества в природопользовании состоят в том, чтобы обеспечить рациональное использование природных ресурсов, организовать их эксплуатацию в соответствии с естественными законами и скоростями природных восстановительных процессов и предотвратить тем самым загрязнение и истощение природной среды. Многие советские ученые считают, что на современном этапе развития возможно даже улучшение природной среды, увеличение ее продуктивности и, следова-

тельно, создание более благоприятных условий для жизни будущего поколения.

Природопользование, как новый вид хозяйственной деятельности социалистического общества, находится еще на стадии становления. В настоящее время рядом научно-исследовательских организаций системы АН СССР и других ведомств разрабатываются основы природопользования, которые затем будут внедрены в практику народного хозяйства. Важным разделом общих условий природопользования является экономическая оценка использования важнейших видов природных ресурсов. Акад. Н. Ф. Федоренко в связи с этим отмечает, что всесторонняя экономическая оценка всех важнейших природных ресурсов позволит определить не только затраты на эксплуатацию богатств, дарованных нам природой, но и дать общую количественную характеристику тех потерь, которые будет нести народное хозяйство из-за нерационального их потребления.

Предварительная экономическая оценка возможного ущерба народного хозяйства от загрязнения окружающей среды или истощения ресурсов (например, ресурсов подземных вод), которые могут навести проектируемые новые промышленные или сельскохозяйственные производства, позволит решить вопрос о целесообразности их создания или разработать новые технологические схемы с минимальным влиянием на изменения окружающей среды. По его мнению, плотность в использовании природных ресурсов должна стимулировать рациональную эксплуатацию природных богатств. Главная задача в этом направлении состоит в том, чтобы разработать экономические основы оптимизации природопользования.

Учитывая важность этого раздела природопользования, постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов» (1972 г.) Академии наук СССР совместно с научно-исследовательскими организациями заинтересованных министерств и ведомств поручена разработка методики экономической оценки использования важнейших видов природных ресурсов.

ПОВЕРХНОСТНАЯ
ЧАСТЬ
ВОДНОЙ
ОБОЛОЧКИ
ЗЕМЛИ



Наша планета в верхней ее части как бы одета в водную оболочку. Поверхностная часть этой оболочки является прерывистой. Она располагается между атмосферой и литосферой и представляет собой совокупность океанов, морей, континентальных водоемов и ледяных покровов. Принято называть поверхностную часть водной оболочки гидросферой.

Гидросфера Земли постоянно находится во взаимодействии с атмосферой и верхней частью литосферы. Это взаимодействие наиболее ярко проявляется в известной схеме глобального постоянного влагооборота на нашей планете.

Ниже поверхности Земли, в слоях литосферы различные типы подземных вод образуют гидрогеосферу, которая в некоторых структурах Земли (так называемых платформ) формирует сплошную подземную водную оболочку.

Здесь же следует подчеркнуть, что в соответствии с учением акад. В. И. Вернадского все природные воды между собой тесно связаны и в этом отношении представляют единую систему.

Учитывая сложность и большое разнообразие процессов, протекающих в океанах, морях, реках и озерах, поверхностная часть водной оболочки — гидросфера Земли изучается группой наук, входящих в состав географии. Приведем следующий перечень основных наук и их главное направление исследований:

ОКЕАНОЛОГИЯ	Совокупность научных дисциплин, комплексно изучающих Мировой океан и моря; природные условия, режим, физику и химию океана; биологические и геологические условия
ГИДРОЛОГИЯ СУШИ	Изучение закономерностей формирования поверхностных вод суши — рек, озер, болот. Содержит два основных раздела: 1) гидрометрию, разрабатывающую методы и производство измерений количества поверхностных вод, находящихся в состоянии движения в естественных реках или искусственных потоках (каналах), и 2) гидрографию, изучающую и описывающую режим, количество и качество вод отдельных объектов.
ГЛЯЦИОЛОГИЯ	Изучены закономерности образования, распространения, динамики, строения и свойств ледников суши (полярных и горных)

СТРОЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Основная масса воды гидросферы сосредоточена в Мировом океане, занимающем 71% всей площади Земли (361,3 млн. км²). Объем водной массы в Мировом океане

Таблица 3

Распределение природных вод на Земле

Воды	Площадь распространения, км ²	Объем, км ³	Доля от общих мировых запасов воды, %
Мирового океана	361 300 000	1 338 500 000	96,53
Ледников и снега (полярные и горные области) . .	16 227 500	24 064 100	1,74
Подземные воды (гравитационные и капиллярные)	134 800 000	23 400 000	1,69
Подземные воды (льды) в зоне вечной мерзлоты	21 000 000	300 000	0,022
Почвенная влага:	82 000 000	16 500	0,001
озер	2 058 700	176 400	0,013
болот	2 682 600	11 470	0,0008
в руслах рек	148 800 000	2 120	0,0002
Биологическая вода	510 000 000	1 120	0,0001
Вода в атмосфере	510 000 000	12 900	0,001

равен 1338,5 млн. км³, что составляет около 96,53% общих запасов воды на Земле.

По данным исследований, выполненных в 1971—1974 гг. в СССР, в связи с осуществлением программы Международного гидрологического десятилетия (программа МГД), распределение природных вод на Земле характеризуется следующими данными (табл. 3).

В отличие от других естественных ресурсов нашей планеты пресные, природные воды обладают замечательной особенностью. Они находятся в тесной взаимосвязи и их ресурсы постоянно возобновляются. Эта особенность обусловлена, как отмечалось, непрерывным процессом влагооборота (гидрологическим циклом) в системе океан-атмосфера — земля-океан.

РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ

Ресурсы поверхностных вод суши слагаются из вод, аккумулярованных в ледниках полярных и горных областей (99,2%), озер (0,73%), болот (0,05%) и в руслах рек (0,01%).

Из поверхностных вод суши особое значение имеют воды озер и рек, ресурсы которых находят наиболее широкое применение в экономическом развитии и в создании благоприятных условий жизни для человека.

Общее число озер на Земле установить трудно в связи с недостаточной изученностью их распределения, особенно в Африке, Азии (исключая азиатскую часть СССР), Австралии, Южной Америке. На земном шаре насчитывается 145 больших озер, площадь водной поверхности которых превышает 100 км². В них аккумуляровано 95% объема озерных вод.

Из общего объема озерных вод, равного 176,4 тыс. км³, на пресные воды приходится 91 000 км³, а на соленые — 85 400 км³. Большая часть озерных соленых вод сосредоточена в самом большом бессточном озере — Каспийском море. Наибольшее количество пресной воды сосредоточено в оз. Байкал.

В связи с возросшей потребностью в воде возникла необходимость создания на реках крупных водохранилищ. В настоящее время на нашей планете в эксплуатации находится более 10 тыс. водохранилищ с общей емкостью около 5000 км³ воды. Наиболее крупными водо-

хранилищами являются: в Европе — Куйбышевское на Волге емкостью 58 км³; в Азии — Братское на р. Ангаре — 169 км³; в Африке — Оден-Фолс на р. Нил — емкостью 205 км³ (вместе с оз. Виктория); в Северной Америке — Даниэль-Джонсон на р. Маникуган и оз. Мушалаган (Канада) — 142 км³; в Южной Америке — Эль Мантеко (Венесуэла) на р. Карони — 111 км³.

Значительные запасы воды содержатся на заболоченных территориях. На земной поверхности общая площадь болот составляет около 2682 км², из них в Евразии — 925, в Африке — 341, в Северной Америке — 180, в Южной Америке — 1332 и в Австралии — 4 км². Суммарный объем болотных вод на Земле достигает 11 470 км³.

В формировании и распределении водных ресурсов в целом на земной поверхности, на отдельных материках, в бассейнах морей и рек, на территории государств определяющее значение имеет соотношение прихода (осадки) и расхода воды (испарение и речной сток). Эти соотношения характеризуют водный баланс.

В результате исследований, выполненных в СССР в 1971—1974 гг, водный баланс земного шара, суши и Мирового океана характеризуется следующими величинами (табл. 4).

Таблица 4

Водный баланс земного шара

Территория	Площадь, тыс. км ²	Осадки		Сток суши— поверхностный и подземный		Испарение	
		мм	тыс. км ³	мм	тыс. км ³	мм	тыс. км ³
Суша . . .	149 000	800	119	315	47	485	72
Мировой океан . . .	361 000	1270	458	130	47	1400	505
Земной шар (в целом)	510 000	1130	577	—	—	1130	577

Мировой океан ежегодно в среднем испаряет 505 тыс. км³ воды. Большая часть (458 тыс. км³) испарившейся воды вновь выпадает в виде осадков на поверхность океана, а 47 тыс. км³ (9,3%) переносится в составе воздушных масс и выпадает в виде жидких или твердых осадков над территорией суши, формируя вод-

ные ресурсы континентов. В течение года в Мировой океан возвращается в виде стока рек около 45 000 км³, а в виде стока подземных вод около 2200 км³.

Наибольшими в мире ресурсами речных вод обладают Бразилия, СССР, КНР, Канада, Индия, США, на долю которых приходится 54,4% всего речного стока с земной поверхности.

Самой многоводной рекой в мире является р. Амазонка, средний многолетний расход воды которой составляет 220 000 м³/с. Расход воды р. Енисей, самой многоводной в СССР, равен 17 600 м³/с.

Таблица 5

Страна	Площадь территории, тыс. км ²	Речной сток в средний по водности год			
		суммарный, км ³	тыс. км ³ с 1 км ²	на душу населения, тыс. м ³	мировые водные ресурсы, %
Бразилия	8 512	9 230	1450	150	22,2
СССР	22 272	4 714	212	19,2	11,3
КНР	9 597	2 550	266	3,4	6,1
Канада	9 975	2 472	248	125,4	5,9
США	9 347	1 938	207	9,98	4,7
Индия	3 269	1 680	514	3,1	4,1
Норвегия	324	405	1248	108,8	1,1
Югославия	256	256	1000	13,1	0,6
Франция	551	183	332	3,75	0,4
Финляндия	337	110	326	23,9	0,2
Земной шар (в целом)	148 818	41 500	242	11,0	100

В табл. 5 приведены данные о ресурсах речных вод отдельных стран (по данным К. П. Воскресенского, А. А. Соколова, И. А. Шикломанова).

Как видно из табл. 5, значительная часть мировых ресурсов пресных вод формируется в областях полярных и горных ледников и составляет 24 млн. км³. Ледники покрывают около 10% площади всей суши. Морские льды охватывают почти 23% поверхности Мирового океана. Так, льдом покрыты крупнейшие острова мира — Гренландия и весь Антарктический континент.

Общая масса льда на суше очень велика. Если ее равномерно распределить на поверхности суши, то получилась бы корка льда толщиной более 100 м. А если мысленно растопить весь объем антарктического льда, то

уровень Мирового океана мог бы подняться на несколько десятков метров и затопить наиболее населенную часть суши.

Значительные запасы пресной воды формируются и в нашей стране в горных ледниках, общая площадь которых достигает 82 км². Только в ледниках Кавказа аккумулируется более 140 км³ пресной воды. Исследования в области оценки общих запасов пресных вод ледников в нашей стране находятся в стадии завершения.

Советский Союз обладает огромными ресурсами поверхностных вод. На территории СССР находится 2 963 398 рек, ручьев и каналов общей протяженностью 9 647 870 км.

В среднем по водности года сток рек СССР составляет 4714 км³, из которых 4384 км³ формируется на территории СССР и 330 км³ (около 7%) притекает с территории сопредельных стран. За пределы СССР на территорию зарубежных государств реки выносят менее 1% объема суммарного стока.

В среднем для территории СССР с 1 км² стекает 6,3 л/с или 198 000 м³ в год.

Распределение речных водных ресурсов на территории Советского Союза в силу природно-географических причин носит зональный характер (табл. 6). Около 80% всех водных ресурсов представлены в зоне избыточного увлажнения, которая занимает 48% территории страны (северные, восточные и горные районы). На зону с большим дефицитом речных вод, охватывающую 27% территории страны (пустынные и полупустынные районы, а также территории сухих степей), приходится 2% ресурсов речных вод. На территорию, находящуюся в средних широтах (25% общей площади) и имеющую удовлетворительную увлажненность, приходится 18% стока речных вод.

К зоне недостаточного обеспечения ресурсами речных вод относятся юг Украины и Молдавии, степная часть Крыма, Приазовье, Сальские степи, Заволжье, Прикаспийская низменность Казахстана, Туркмения, отдельные районы Узбекистана, юг Западной Сибири, юг Забайкалья и Центральная Якутия. К этой же зоне следует отнести отдельные густонаселенные и промышленно-развитые районы (Донбасс, Харьковская, Воронежская, Курская, Белгородская, Ростовская области).

Распределение речного стока по республикам

Республика	Площадь, тыс. км ²	Ресурсы рек			
		сток, формирующийся в пределах респуб- лики		сток, посту- пающий из сопре- дельных районов, км ³	суммар- ный сток, км ³
		км ³	часть от всех ре- сурсов, %		
Российская	17 075,0	4003	91,3	194	4197
Украинская	601,0	49,9	1,1	159	209
Молдавская	33,7	0,811	—	10,6	11,4
Белорусская	207,6	36,4	0,8	21,3	57,7
Эстонская	45,1	11,7	0,3	0,09	11,8
Латвийская	63,7	17,1	0,4	18,3	35,4
Литовская	65,2	15,3	0,4	11,0	26,3
Грузинская	69,7	53,6	1,2	9,2	62,8
Азербайджанская	86,6	8,71	0,2	21,9	30,6
Армянская	29,8	6,50	0,1	1,38	7,88
Казахская	2 715,1	64,8	1,5	56,3	121
Узбекская	449,6	11,1	0,3	106	117
Киргизская	198,5	52,8	1,2	0,0	52,8
Таджикская	143,1	51,2	1,2	20,0	71,2
Туркменская	488,1	1,0	—	67,6	68,6
Территория СССР (в целом)	22 272	4384	100	330	4714

Важной особенностью большинства рек Советского Союза является неравномерность стока в течение года. На большей части территории страны основной объем годового стока рек приходится на период весеннего половодья, когда за 1—3 месяца стекает 50—60%, а в некоторых районах до 90—95% от суммарного годового стока.

Для рек Дальнего Востока и северо-востока Сибири характерно летнее половодье, формируемое под влиянием продолжительных и обильных дождей. В этот период проходит до 65% годового стока. Наименьшая водность рек наблюдается в зимний период, когда стекает 5—10%, а в некоторых районах 20—30% от общего объема стока за год. В засушливой зоне и в районах вечной мерзлоты

сток отсутствует в течение нескольких месяцев (до 8—10).

Из суммарного объема стока всех рек СССР, включая воды, притекающие с территорий сопредельных стран, в объеме 4714 км³ около 150 км³ поступает в Мировой океан или внутренние бессточные водоемы и составляет безвозвратные потери (испарение и инфильтрация в руслах рек, безвозвратный водозабор на хозяйственные нужды).

На территории СССР имеется 2 854 166 озер и крупных прудов с общей площадью зеркала 500 000 км² (около 2% всей территории страны).

Более 95% озер являются пресными. Распределение озер на территории СССР неравномерное. Наиболее распространены озера на северо-западе Европейской территории СССР, в Западной Сибири, в Центральной Якутии и на северо-востоке страны.

Более 98% озер представляют мелководные водоемы с площадью зеркала не более 1 км² и средними глубинами 1—1,5 м. Значительная часть этих озер в летний период сильно усыхает, а в засушливых районах нередко многие мелководные озера летом засыхают полностью.

Основные запасы озерных вод сосредоточены в 16 крупных озерах и составляют 26 174 км³, что в 5,5 раза превышает суммарный сток рек СССР. Главным резервуаром пресной воды в нашей стране является оз. Байкал, в котором содержится 23 000 км³, или 88% всего объема пресных озерных вод в СССР.

Общая площадь современного оледенения в СССР составляет 76 312 км².

Наибольшее значение имеют ледники в горных районах Средней Азии и Кавказа в связи с их большим влиянием на формирование и объем стока горных рек. Около 15% стока всех рек в Средней Азии и 6% стока рек, получающих питание со склонов Большого Кавказского хребта, формируется за счет таяния ледников. В высокогорной части бассейнов рек объем стока достигает 20—30% и более от суммарного годового стока горных рек.

В Средней Азии имеется около 2500 ледников общей площадью 16 538 км², а на Кавказе около 1400 ледников общей площадью 3610 км².

В районах вечной мерзлоты, преимущественно на северо-востоке СССР, вследствие замерзания подземных

вод, выходящих на дневную поверхность или в русла и долины рек, образуются наледи. В наледях аккумулируются значительные объемы воды (отдельные наледи занимают площадь в несколько десятков квадратных метров и имеют запасы воды, исчисляемые сотнями и миллионами кубических метров), которые летом при таянии расходуются на дополнительное питание рек. Подсчитано, что в среднем ежегодно в наледях аккумулируется около 30 км³ воды.

Болота занимают значительные площади на территории СССР. Особенно распространены болота в северной половине Западной Сибири, где ими занято 50—70% всей территории, а также на северо-западе и севере европейской части СССР (около 40% территории). В болотах содержится до 95% воды, и в целом запасы вод в них составляют около 3000 км³. Из них примерно 1000 км³ приходится на болота Западной Сибири.

Суммарные запасы поверхностных вод на территории СССР составляют 45 175 км³ и слагаются из:

<i>Вековых запасов</i>	40 461
<i>в том числе:</i>	
озера	26 431
болота	3 000
ледники	11 000
наледи	30
<i>Ежегодно возобновляющихся</i>	
<i>речных вод</i>	4 714

Основным источником, формирующим поверхностные воды, являются осадки. В среднем за год на территории СССР выпадает 11 694 км³ осадков (объем воды, содержащейся во всех видах осадков), из них около 2200 км³ выпадает в виде снега, что составляет 19% от годовой суммы. Из всего объема осадков 4358 км³ расходуется на сток рек * и 7336 км³ на испарение (62,7%).

* Без 330 км³, притекающих с территории сопредельных стран, и 26 км³, составляющих ежегодный сток с островов Северного Ледовитого океана.



ПОДЗЕМНАЯ
ЧАСТЬ
ВОДНОЙ
ОБОЛОЧКИ
ЗЕМЛИ

ТИПЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Как отмечалось ранее, ниже поверхности земли, в верхних слоях литосферы природные воды образуют подземную часть водной оболочки Земли, которую можно назвать гидрогеосферой. Гидрогеосфера по своему строению представляет собой совокупность всех типов и разновидностей подземных вод, распространенных в горных породах. При этом свободное движение подземных вод в горных породах происходит по открытым трещинам, карстовым и поровым пустотам и подчиняется общему закону тяготения Земли.

Такие подземные воды обычно называют гравитационными.

Наряду с этим в горных породах широко распространена еще и пленочно-капиллярная подземная вода, приуроченная к тонким волосным капиллярам горных пород. Это физически связанные с горными породами воды. В результате очень сильных пленочно-капиллярных натяжений жидкости миграция пленочной воды не подчиняется законам гравитационного поля Земли.

В горных породах есть еще и химически связанная вода, которая непосредственно входит в химический состав тех или иных минералов. Так, например, кристаллы гипса содержат на каждую молекулу сернокислого кальция две молекулы воды, или 20,3% (химическая формула гипса — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в кристаллах глауберовой соли — мирабилита $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — на каждую молекулу сернокислого натрия приходится десять молекул

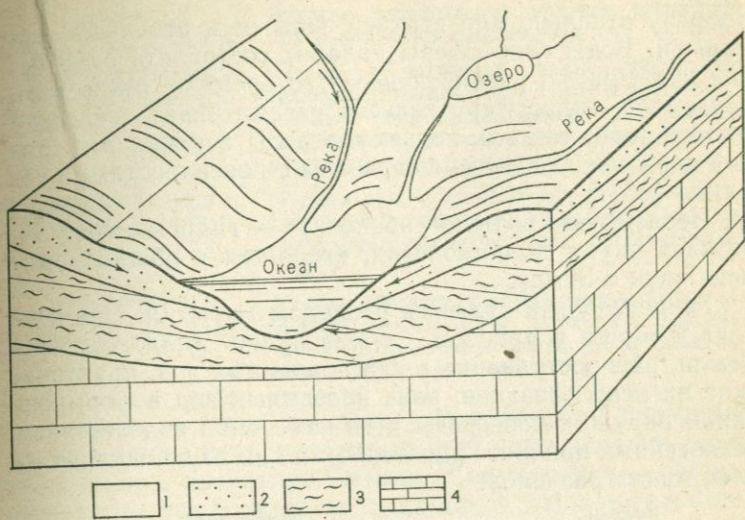


Рис. 3. Блок-диаграмма единой водной оболочки Земли:

1 — поверхностная часть водной оболочки — гидросфера (океаны, моря, реки);
2, 3, 4 — подземная водная оболочка — гидросфера.

Зоны распространения: 2 — пресных и подземных вод повышенной минерализации; 3—4 — термальных, минерализованных, промышленных и перегретых подземных вод

воды или 55%). Связанную воду из минерала можно получить при нагревании. Так, например, гипс при температуре 107° теряет одну, а при 170° вторую молекулу воды и превращается в ангидрит (CaSO_4).

Академик В. И. Вернадский, являясь основоположником учения о геосферах нашей планеты, предлагал рассматривать всю историю образования водной оболочки Земли с позиции единства природных вод (рис. 3). «Все природные воды, где бы они ни находились, — отмечал В. И. Вернадский, — теснейшим образом связаны между собой и представляют единое целое» [8]. К такому выводу пришел другой крупный советский исследователь акад. Ф. П. Саваренский. В своих научных трудах он отмечал, что всю ту часть земной коры, в которой по термодинамическим условиям могут существовать природные воды, следует рассматривать как подземную часть гидросферы, развивающуюся вместе с земной корой и наземной частью гидросферы. В связи с этим он писал: «Гидрогеология не может рассматривать подземную гид-

росферу отдельно для верхней зоны ее и отдельно для нижней. Воды гидросферы должны составлять одно целое, неразрывно развивающееся во времени. Мало того, подземную гидросферу нельзя рассматривать отдельно от наземной, так как подземные воды верхних зон земной коры непосредственно связаны с поверхностными водами» [35].

Подземную водную оболочку — гидрогеосферу — изучает наука гидрогеология, входящая в общий комплекс наук о Земле.

Гидрогеология является разделом геологии. Она изучает историю и процессы образования гидрогеосферы Земли, распространение в ней подземных вод, практическое их использование, роль подземных вод в формировании окружающей среды и ее изменения под влиянием техногенных причин. Гидрогеология как наука состоит из следующих разделов:

Разделы

Содержание

А. Общие теоретические разделы

ОБЩАЯ И
ПЛАНЕТАРНАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Фундаментальная часть гидрогеологии, изучающая общие закономерности формирования гидрогеосферы Земли, а также распространение в земной коре различных типов подземных вод

ГИДРОГЕО-
ДИНАМИКА
(динамика подземных
вод)

Изучает законы движения подземных вод в естественных условиях их залегания, а также в нарушенных под влиянием инженерных сооружений (каптаж, осушительные устройства и др.)

ГИДРОГЕОХИМИЯ

Изучает закономерности формирования химического состава подземных вод

ГИДРОГЕОТЕРМИЯ

Изучает общие закономерности формирования термальных вод

ПАЛЕОГИДРО-
ГЕОЛОГИЯ

Изучает изменение уровня и температуры подземных вод во времени и формирование их в земной коре в историческом развитии

Б. Прикладные разделы

РЕГИОНАЛЬНАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Изучает общие условия формирования подземных вод на площади отдельных регионов

РАЗВЕДОЧНАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Изучает ресурсы различных типов подземных вод для практического их использования в народном хозяйстве

ГИДРОГЕОЛОГИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ

Изучает гидрогеологические условия промышленной отработки месторождений твердых полезных ископаемых

НЕФТЯНАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Изучает рациональные условия эксплуатации нефтяных месторождений

МЕЛИОРАТИВНАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Изучает и позволяет давать прогнозную оценку осушаемых территорий и орошаемых земель (гидрогеологическое обоснование строительства и эксплуатации оросительных и осушительных систем)

ИНЖЕНЕРНАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Изучает роль подземных вод при строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений (гидротехнических, ирригационных и др.)

ТЕХНОГЕННАЯ
ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Изучает процессы преобразования природных условий под влиянием длительной эксплуатации водохозяйственных систем с целью защиты окружающей среды

Гидрогеология в комплексе с исторической геологией изучает также роль подземных вод в образовании осадочной коры литосферы Земли. Сейсмология — наука, изучающая землетрясения, использует данные гидрогеологии для прогнозной оценки.

Большое значение имеет новый раздел прикладной гидрогеологии — техническая гидрогеология. Этот раздел появился сравнительно недавно под влиянием развития народного хозяйства.

Ранее гидрогеология изучала подземные воды преимущественно в естественноисторических условиях их образования. В результате выявленных закономерностей на площади того или иного района решался ряд практических задач, например, выбор участка для водозаборного сооружения в связи с водоснабжением намеченного объекта, под строительство оросительных систем, гидротехнических сооружений и др.

Теперь же, в эпоху современной научно-технической революции инженерная деятельность человека приобрела такие масштабы, что по существу во многих районах нашей страны создается новая, вторая рукотворная природа. Коренное преобразование естественных гидрогеологических условий в связи с этим вызывает к жизни новые гидрогеологические процессы, развивающиеся по своим законам. Знание этих законов позволяет предотвращать их воздействие на ухудшение качества окружающей среды.

Техногенная гидрогеология призвана изучать закономерности развития процессов, возникающих при техно-

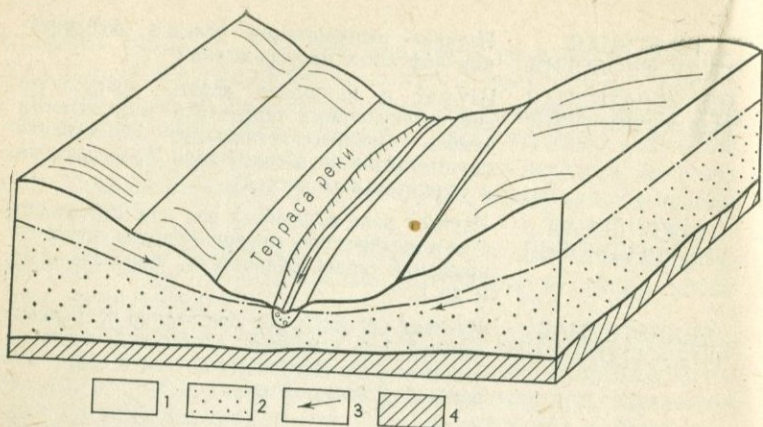


Рис. 4. Блок-диаграмма вертикальной гидрогеологической зональности:
 1 — зона аэрации; 2 — зона полного водонасыщения; 3 — направление стока
 подземных вод; 4 — водонепроницаемые породы

генных (т. е. под влиянием инженерной деятельности человека) преобразованиях природных условий. Это направление гидрогеологических работ будет развиваться в нашей стране очень быстро.

Закономерное распределение подземных вод в земной коре позволяет в верхней ее части выделить две зоны: а) самую верхнюю, вблизи поверхности земли, непосредственно связанную с атмосферой и почвенным покровом, — зону аэрации и б) залегающую ниже ее — зону полного насыщения (рис. 4).

В этих зонах подземные воды, заполняющие поры и пустоты в горных породах, могут находиться в трех агрегатных состояниях: парообразном, жидком и твердом.

В виде пара вода содержится в пустотах горных пород, свободных от жидкой воды, преимущественно в горных породах зоны аэрации.

Вода в жидкой фазе распространена главным образом в зоне полного насыщения горных пород. В твердом состоянии она может присутствовать в двух перечисленных зонах, когда вмещающие породы имеют отрицательную температуру.

Зона аэрации, таким образом, представляет собой буферный слой между атмосферой и подземной частью — гидрогеосферой, где пустоты и поры горных пород не

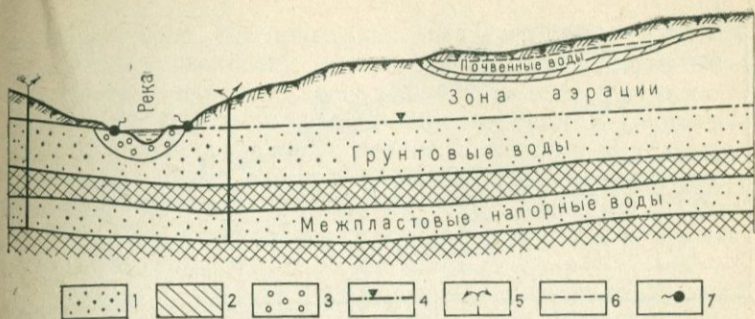


Рис. 5. Условия залегания в земной коре различных типов подземных вод: 1 — водоносные породы; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — галечники (речные отложения); 4 — уровень грунтовых вод; 5 — фонтанирующие скважины; 6 — уровень почвенных вод; 7 — родники

всегда и не везде бывают заполнены водой. В этом слое происходит вертикальное перемещение влаги от поверхности земли вглубь, в сторону зоны полного насыщения горных пород.

Почвенная оболочка Земли, входящая в состав зоны аэрации, является, по существу, приемником дождей (снеговой) влаги, предопределяя условия их просачивания, формирования химического состава и нейтрализации биологических загрязнений.

В водонасыщенной зоне горных пород формируется так называемый водоносный горизонт, в котором поры, трещины и другие пустоты полностью заполнены гравитационными водами.

Однако не все горные породы по своим воднофизическим свойствам являются водопроницаемыми и могут накапливать подземные воды в открытых порах, трещинах и карстовых пустотах. Поэтому в гидрогеологии все разновидности горных пород принято подразделять на две большие группы: а) водопроницаемые и б) водонепроницаемые, или водоупорные.

Крупный ученый нашей страны О. К. Ланге по условиям залегания и распространения в вертикальном разрезе верхней части атмосферы выделяет воды: а) почвенные; б) грунтовые и в) межпластовые (рис. 5). Почвенные воды залегают обычно вблизи дневной поверхности, часто вызывают заболоченность территории, однако носят временный характер и в летнее время полностью пере-

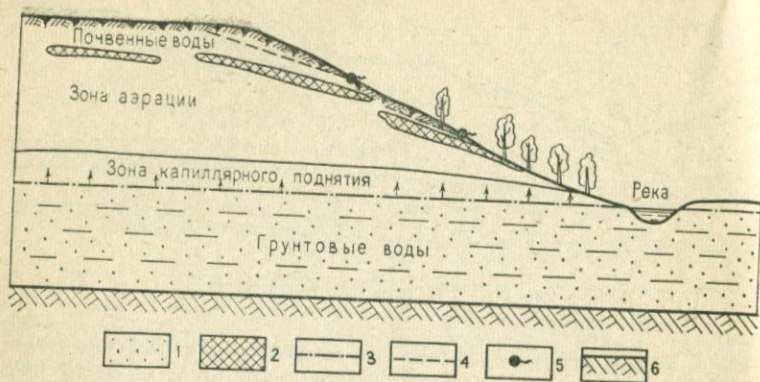


Рис. 6. Условия залегания в земной коре грунтовых вод (по О. К. Ланге): 1 — водоносные пески; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — уровень почвенных вод; 5 — родники; 6 — водоупорные породы

сыхают. В глубинных зонах СССР они сохраняются постоянно. Воды эти почти всегда в санитарном отношении являются загрязненными и поэтому не пригодны для питьевого потребления. Как правило, эти воды используются для водопоя скота.

Наиболее широко на территории СССР распространены грунтовые воды, т. е. такие, которые залегают на первом от поверхности горизонте водонепроницаемых горных пород (рис. 6). В речных долинах грунтовые воды залегают неглубоко от дневной поверхности, образуя в песках и галечниках подземные потоки.

Если проследить условия распространения грунтовых вод на территории СССР, то можно отметить четко выраженную географическую зональность (климатическую зональность и зональность по расчлененности рельефа).

На эту зональность обратили внимание известные ученые нашей страны В. С. Ильин, О. К. Ланге и др.

Оценивая условия распространения на территории СССР грунтовых вод, О. К. Ланге выделяет три крупные провинции, каждая из которых характеризуется своими закономерностями.

Первая провинция, занимая около половины площади СССР (Западная и Восточная Сибирь, Северо-Восток, Северный Урал), характеризуется отрицательными среднегодовыми температурами воздуха.

Это провинция широкого распространения многолетне-

мерзлых пород, где подземные воды в горных породах находятся в твердом состоянии в форме льда. Однако многолетняя мерзлота здесь распространена неравномерно, так же неравномерно распространены и грунтовые воды. Поэтому в пределах первой провинции выделяются три зоны: а) зона сплошного распространения мерзлоты, мощность которой севернее Якутска достигает 1500 м; б) зона так называемой таликовой мерзлоты и в) зона островной мерзлоты.

Вторая провинция характеризуется высокой влажностью, гумидным климатом, где грунтовые воды залегают неглубоко от поверхности. Это Центральные и Северные районы европейской части СССР, куда целиком входит так называемая нечерноземная зона, районы Центрального Урала и др. На площади второй провинции по географическим условиям выделяются шесть зон, характеризующихся распространением грунтовых вод с различной глубиной залегания и неодинаковым химическим составом.

Третья провинция отличается очень высокой сухостью воздуха при положительных значениях среднегодовой температуры. Это, по существу, провинция так называемого аридного (степного, пустынного) климата. Сюда следует отнести южные районы Украины, РСФСР, республики Средней Азии и др. В условиях распространения грунтовых вод этой провинции выделяются две зоны; в пределах которых воды имеют очень пестрый химический состав.

Наряду с широким распространением грунтовых вод по площади в виде бассейнов, в речных долинах они формируют линейно вытянутые вдоль современного русла подземные потоки. Как правило, подземные потоки грунтовых вод речных долин гидравлически связаны с поверхностными водами, поэтому их режим по временам года является идентичным.

Ресурсы грунтовых вод очень широко используются в нашей стране для различных нужд народного хозяйства. На объектах сельского хозяйства (совхозах и колхозах) грунтовые воды используются для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения, а также для орошения поливных земель.

Централизованное коммунальное водоснабжение многих крупных городов, районных центров, рабочих посел-

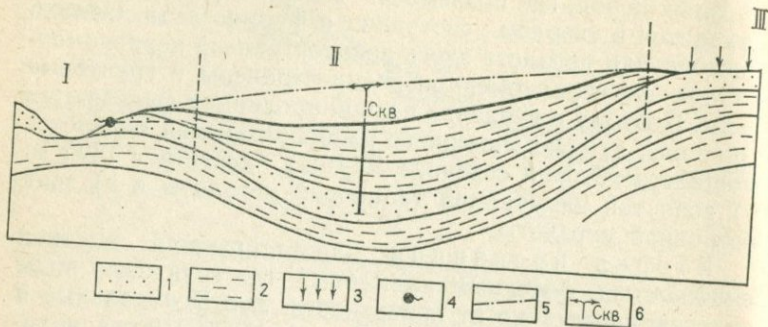


Рис. 7. Схематический разрез артезианского бассейна:
 1 — пески (горизонт межпластовых вод); 2 — водонепроницаемые породы;
 3 — инфильтрация атмосферных осадков в водоносные пески; 4 — родник;
 5 — пьезометрический уровень напорных межпластовых вод; 6 — фонтанирующая скважина.
 Римские цифры на схеме: I — область естественной разгрузки межпластовых вод на дневную поверхность; II — область формирования напора; III — область питания межпластовых подземных вод.

ков и промышленных объектов осуществляется в Советском Союзе преимущественно за счет использования грунтовых вод. Выявление общей закономерности распространения и условий залегания грунтовых вод имеет большое значение для развития сельского хозяйства и различных видов гражданского и промышленного строительства.

На глубине водоносные горизонты могут перекрываться водонепроницаемыми горными породами. В таких условиях подземные воды переходят в межпластовые, так как водоносная толща в вертикальном разрезе зажата между двумя не пропускающими воды пластами горных пород. Верхний пласт называется водоупорной кровлей межпластовых вод, а нижний — водоупорным ложем (рис. 7).

В тех случаях, когда межпластовая вода находится под гидростатическим давлением, пробуренная скважина может фонтанировать. Такая межпластовая вода, находящаяся в природных условиях под напором, носит название артезианской. Название это происходит по провинции Артуа (Франция), которая в древности называлась Артезия, где впервые в Западной Европе были пробурены фонтанирующие скважины.

Если грунтовые воды в верхних слоях литосферы образуют линейные подземные потоки, то межпластовые воды формируют артезианские бассейны (см. рис. 7). В разрезе горных пород артезианских бассейнов очень часто встречается несколько горизонтов напорных вод, залегающих на различных глубинах. В артезианских бассейнах платформенного типа в верхних горизонтах (в среднем до 200—500 м) распространены преимущественно пресные напорные воды. Ниже зоны пресных вод залегают воды с повышенной и высокой минерализацией (так называемые промышленные подземные воды).

На площади артезианских бассейнов горных сооружений зона распространения пресных вод может достигать глубины 1500 м. На площади артезианских бассейнов, как правило, накапливаются значительные ресурсы напорных вод.

Нижняя граница распространения напорных вод в толще пород литосферы изучена пока слабо.

Непосредственные наблюдения и изучение глубинных подземных вод производятся на буровых скважинах и в глубоких шахтах, пройденных при эксплуатации месторождений. По данным сверхглубокого бурения скважин, подземные воды были обнаружены на глубинах до 7000—9000 м. По данным глубинного геофизического зондирования земной коры, а также экспериментальных лабораторных исследований, появление подземных вод можно ожидать на глубинах до 15—20 км. Но это пока предположительно.

Советскими учеными были установлены общие закономерности распространения артезианских бассейнов на территории СССР, а также составлена карта артезианских бассейнов и произведена прогнозная оценка ресурсов напорных вод.

Было установлено, что на площадях артезианских бассейнов нашей страны накапливаются значительные ресурсы пресных, термальных и промышленных подземных вод. Для народного хозяйства эти ресурсы имеют огромное значение, предопределяя нередко условия развития производительных сил нашей страны.

Ресурсы различных типов подземных вод артезианских бассейнов широко используются в самых различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. Этим вопросам посвящены специальные разделы книги.

Итак, дорогой читатель, мы с вами познакомились со структурой водной оболочки Земли — гидросферой и гидрогеосферой. Кратко охарактеризовали теорию единства природных вод и пришли к выводу, что водная оболочка Земли, как единая целая природная оболочка, условно подразделяется на поверхностную (гидросферу) и подземную (гидрогеосферу) части.

Теперь нам необходимо выяснить, в чем же состоит принципиальное различие между процессами и явлениями, протекающими в природных водах на поверхности Земли, т. е. в океанах, морях, реках и озерах, и непосредственно под поверхностью Земли, т. е. в горных породах, слагающих водоносные горизонты. Различие состоит в том, что на поверхности Земли физико-химические, биологические и другие процессы и явления протекают, по существу, в открытой, относительно однородной — гомогенной — среде в поверхностных водах, при довольно активном участии кислорода (окислительных процессов). Эти процессы развиваются в результате взаимодействия в системе вода — воздух — живые организмы — почва. В этих процессах значительно меньшую роль играет взаимодействие между водой и горными породами. Очень в редких случаях и в малых масштабах это взаимодействие может иметь существенное значение. Так, например, в Таджикистане некоторые мелкие притоки крупных рек пересекают площади распространения легкорастворимых горных пород — гипсов и каменной соли. Поэтому поверхностная вода в таких геологических условиях очень быстро растворяет породы и резко изменяет свой химический состав — от пресных до соленых. Однако, впадая в основную водную артерию, соленая вода, смешиваясь с пресной, теряет следы воздействия геологической среды.

Когда же речь идет о подземных водах, то комплекс процессов и явлений протекает здесь в условиях сложной многофазной относительно закрытой гетерогенной системы вода — горная порода — газы — живые организмы. Это объективно существующая единая материальная термодинамическая система, обладающая определенными свойствами, составные части которой закономерно связаны друг с другом. В этой системе постоянного взаимодействия геологическая среда — водовмещающие горные породы — играет существенную

роль в формировании химического состава подземных вод (путем выщелачивания легкорастворимых минералов в горных породах).

Учитывая сложные условия, в которых протекает большой комплекс процессов и явлений в жизни природных вод в пределах водной оболочки Земли, эти процессы изучаются различными науками (гидрология и гидрогеология).

ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Вопрос о происхождении подземных вод является интересным и вместе с тем очень сложным теоретическим разделом общей гидрогеологии. В настоящее время существует три теории, объясняющие происхождение подземных вод земной коры.

Еще в глубокой древности было высказано предположение о том, что подземные воды образуются путем поглощения на поверхности земли дождевых и снеговых вод. Великий русский ученый М. В. Ломоносов в своих работах научно обосновал просачивание в грунт атмосферных осадков. Это было первое начало разработки так называемой инфильтрационной теории происхождения некоторых разновидностей подземных вод.

Под инфильтрацией понимается процесс просачивания в недра земли атмосферных или поверхностных вод через открытые поры горных пород. Если проникновение дождевых, талых или поверхностных вод происходит не по порам, а по трещинам (карстовым пустотам), то такие процессы называются инфлюацией.

Было установлено, что инфильтрация воды в горные породы происходит не непрерывно, а периодически, в зависимости от режима выпадающих атмосферных осадков, а также различных температур воздуха и горных пород. Следовательно, сам механизм процесса проникновения атмосферных осадков в породы является сложным и происходит под влиянием ряда природных факторов: климатических (количество и интенсивность выпадающих атмосферных осадков, температура воздуха, глубина промерзания почвы зимой и др.), геологических (характеризующих пористость, трещиноватость или водонепроницаемость горных пород на поверхности и в зоне аэрации), геоморфологических (характер рельефа мест-

ности, уклон поверхности), растительного покрова местности и др.

Ведущим фактором в процессе инфильтрации является количество атмосферных осадков, выпадающих в течение года и по месяцам. Если рассмотреть территорию европейской части СССР, то можно четко проследить постепенное уменьшение количества выпадающих за год атмосферных осадков, которое наблюдается в направлении с севера на юг (в Мурманске и Петрозаводске — 700 мм, в Москве — 620 мм, в Ростове-на-Дону — 470 мм, а в Астрахани — 200 мм). В этом же направлении происходит повышение средних значений температуры воздуха, с которой связано увеличение испарения влаги. Нетрудно представить, что в северных и центральных районах европейской части СССР условия образования подземных вод, так же как и ежегодное их питание путем инфильтрации атмосферных осадков, являются наиболее благоприятными. В южных районах эти условия значительно хуже (в 2—3 раза меньшая интенсивность инфильтрации атмосферных осадков).

Происхождение подземных вод согласно второй теории объясняется путем конденсации водяных паров в почве и в горных породах. Научное обоснование современного состояния этой теории было выполнено А. Ф. Лебедевым. Сущность теории конденсации состоит в следующем. Пары воды находятся постоянно в воздухе, они проникают в почву на определенную глубину. Это проникновение происходит от мест с большей упругостью водяного пара к местам с меньшей его упругостью.

В летнее время упругость водяных паров в почвах и грунтах с глубиной уменьшается. Вследствие этого происходит передвижение влаги в форме пара из вышележащих слоев почв в слои нижележащие. Такое движение влаги вниз будет продолжаться до глубины, где залегает слой горных пород с относительно постоянной температурой. Этот слой обычно залегает на глубине около 20 м.

С дальнейшим углублением от этого слоя температура горных пород будет постепенно повышаться, а вместе с температурой будет увеличиваться и упругость пара. Таким образом, к слою горных пород с относительно постоянной температурой сверху и снизу направляются два потока водяного пара, которые, конденсируясь в

этой зоне с минимальной упругостью водяного пара, образуют капельножидкую гравитационную воду и дают начало горизонту грунтовых вод.

Обе теории происхождения подземных вод не следует противопоставлять друг другу. Они нередко проявляются совместно, дополняя друг друга и объясняя сложный механизм образования подземных вод. В определенных природных условиях грунтовые воды могут образовываться исключительно конденсационным или инфильтрационным путем. Таким образом, обе теории по существу объясняют атмосферное происхождение подземных вод, т. е. таких, которые участвуют в постоянном глобальном влагообороте на нашей Земле, следовательно, ресурсы их ежегодно возобновляются.

Есть еще одна теория, объясняющая образование подземных вод под влиянием внешних (или экзогенных) факторов,— теория седиментационного происхождения. Характерной особенностью подземных вод седиментационного происхождения является их высокая минерализация, т. е. высокое содержание растворенных в них солей (достигает 150—300 г/л). Из растворенных солей в седиментационных водах преобладает хлористый натрий. Такие воды называются хлоридными.

Теория ювенильного происхождения подземных вод объясняет их образование в результате действия внутренних (эндогенных) процессов, протекающих на нашей планете на больших глубинах.

Еще в XVI в. Агрикола высказывал мнение о том, что в земной коре могут сгущаться пары воды, идущие снизу из больших глубин. Затем эта идея в форме гипотезы была освещена в научных трудах австрийского ученого Э. Зюсса. Основываясь на результатах научных работ, Э. Зюсс утверждал, что внедрение магмы (расплавленной огненно-жидкой массы) из больших глубин земной коры в верхние ее горизонты всегда сопровождается выходом на поверхность (по трещинам или жерлам вулканов) летучих соединений, в том числе паров воды. Такие подземные воды, впервые попавшие с больших глубин на дневную поверхность Земли или в верхние ее горизонты, Э. Зюсс назвал ювенильными, т. е. впервые попавшими в условия земного существования.

Одним из доказательств образования ювенильных вод таким путем считался состав летучих компонентов про-

дуктов современной вулканической деятельности. При извержении некоторых вулканов пары воды достигали 6—8% по весу от общей массы продуктов извержения.

Дальнейшее свое развитие теория ювенильного происхождения подземных вод получила уже на современном уровне наших знаний в трудах акад. А. П. Виноградова.

Развивая учение акад. В. И. Вернадского об образовании оболочек Земли, в том числе водной оболочки, акад. А. П. Виноградов выполнил специальные экспериментальные исследования. В лабораторных условиях, при помощи так называемого зонного плавления, был воспроизведен механизм процесса выплавления и дегазации вещества мантии Земли (базальтовых пород). Опытами на специальной установке было доказано, что образование легкоплавкой фазы при зонном плавлении вещества мантии сопровождается дегазацией прежде всего воды, а затем растворенных в воде газов (сероводорода, соляной, бромной кислот и др.), т. е. соединений, которые позже образовали Мировой океан и атмосферу Земли. Таким образом, вода и газы являются неизменными продуктами зонного выплавления вещества мантии Земли. В далеком прошлом на нашей планете действовали многочисленные вулканы, поэтому процесс выплавления и дегазации захватывал всю поверхность планеты.

«Следовательно, — отмечает А. П. Виноградов [10], — образование океанической воды происходит за счет выделения H_2O из глубоких недр Земли». Расчетами было доказано, что количество ювенильной воды, поступавшей в историческое время на поверхность Земли, было достаточным для образования всей водной оболочки нашей планеты. Наблюдения за деятельностью современных вулканов показывают, что процессы образования ювенильных подземных вод отмечаются и в настоящее время. Таким образом, согласно теории, ювенильные воды на нашей планете являются первоисточником образования водной оболочки Земли и всех других типов подземных вод.

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗЕМЛИ

Несмотря на то что водная оболочка Земли — гидросфера — условно подразделяется на поверхностную и под-

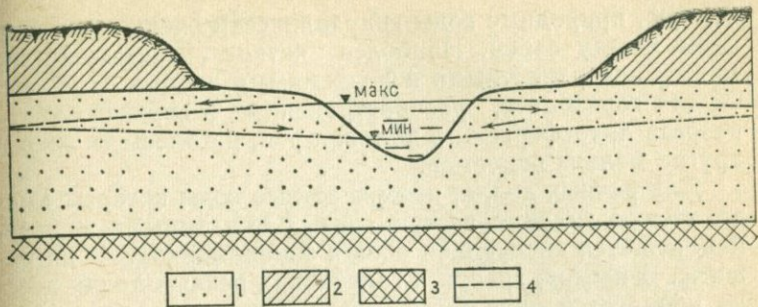


Рис. 8. Схема гидравлической связи грунтовых вод речных долин с поверхностными водами:

1 — водоносные пески; 2 — суглинки; 3 — водонепроницаемые породы; 4 — уровень грунтовых вод (максимальное и минимальное залегания)

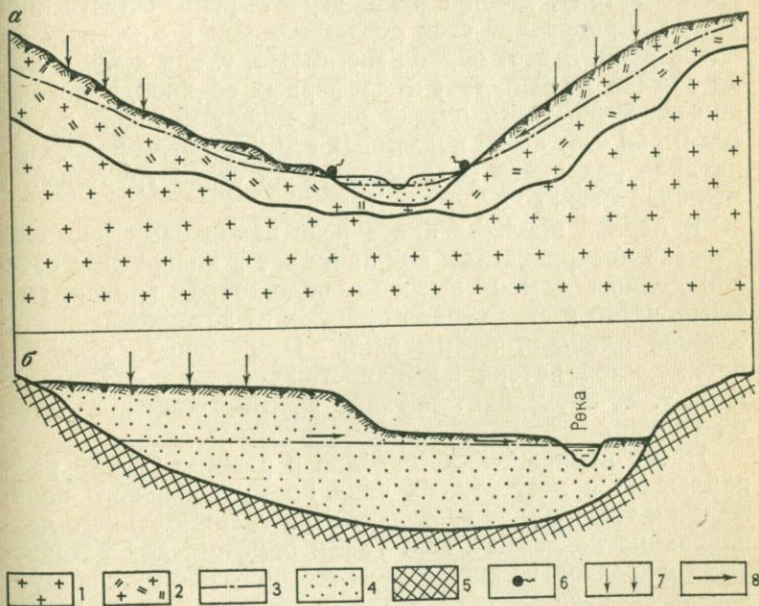


Рис. 9. Условия дренирования грунтовых вод речными долинами:

а — для горных долин; б — для равнинных долин.
 1 — водонепроницаемые граниты; 2 — водонепроницаемая трещиноватая зона выветривания гранитов; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — водоносные пески; 5 — водонепроницаемые породы; 6 — родники; 7 — зона инфильтрации атмосферных осадков; 8 — направление стока грунтовых вод

земную, природные воды гидравлически очень тесно связаны между собой. Наиболее четкое взаимодействие между поверхностными и подземными водами отмечается для горизонтов, распространенных в верхней части разреза литосферы — в долинах рек, на площади озер и других мелких водоемов.

Для речных долин, поверхностные воды которых имеют тесную гидравлическую связь с подземными водами, наблюдается следующая общая закономерность в их режиме. В песках, гравии и галечниках речных долин всегда образуется подземный поток грунтовых вод. Этот поток, как правило, гидравлически тесно связан с поверхностными речными водами. На рис. 8 и 9 приведен схематический разрез такой долины. В период минимальных расходов воды в реке, когда их уровень занимает в поперечном сечении потока самое низкое положение в году, долина реки играет роль естественной дрены. Происходит сток подземных вод в открытый водоток реки. В этот период минимума, т. е. в период, когда обычно не выпадает атмосферных осадков, образование поверхностного потока реки может целиком происходить за счет стока подземных вод. При этом подземное питание рек часто складывается из стока грунтовых и межпластовых вод.

В период прохождения в реке паводковых расходов уровень поверхностных вод занимает в поперечном сечении долины самое высокое положение (максимум). Очень часто в этот период происходит затопление значительной площади поймы реки. При таких условиях наблюдается потеря поверхностных вод на инфильтрацию, т. е. происходит питание грунтовых вод, а затем их подпор.

После прохождения паводка в режиме уровня реки наблюдается постепенный спад до минимального положения и тогда вновь наступает период естественного дренирования подземных вод. Таким образом, для водоносных горизонтов, гидравлически тесно связанных с поверхностными водами, устанавливается полная зависимость режима стока подземных вод от режима реки.

Этот годовой цикл в режиме стока реки, когда естественное дренирование сменяется питанием и подпором грунтовых вод в речных долинах, является закономерным и используется в гидрогеологии для количественной

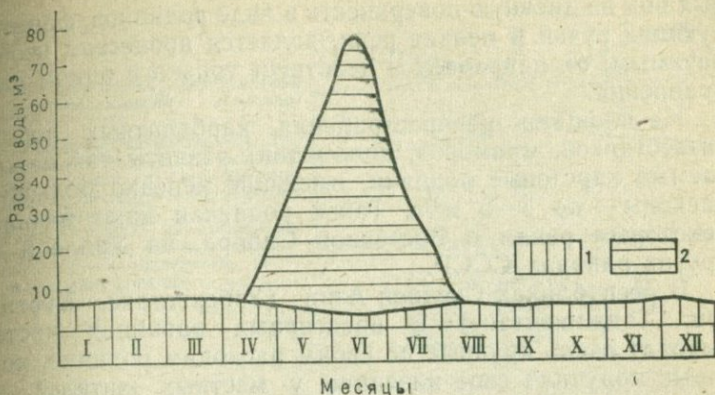


Рис. 10. Гидрограф годового стока реки:

1 — сток реки за счет дренирования подземных вод (подземный сток); 2 — сток реки за счет дождевого и снегового питания (собственно поверхностный сток)

оценки естественных ресурсов подземных вод. Замеряя систематически расход реки в определенном сечении долины, можно составить график, характеризующий режим стока в течение года. Такой график называют гидрографом реки, а его расчленение на составляющие — поверхностный и подземный сток — позволяет оценить величину естественных ресурсов подземных вод с площади прилегающих водоносных горизонтов (рис. 10).

Именно поэтому в речных долинах всегда опасно загрязнение поверхностных вод промышленными отходами, которое, как правило, приводит к загрязнению собственно подземных вод. Таким образом, описанная форма гидравлической связи подземных и поверхностных вод речных долин характеризуется как обратимый процесс, изменяющий свою направленность в зависимости от условий режима стока.

В природных условиях можно наблюдать, как естественный выход подземных вод на дневную поверхность в виде родников дает начало мелким рекам. По мере движения вниз по течению нередко можно видеть, как расход мелкого ручья постепенно увеличивается за счет дренирования родников, образуя реки третьего или второго порядка. Нередко родники сразу формируют крупные реки. Про такие реки говорят, что они имеют преимущественно родниковое питание. Этот сток подзем-

ных вод на дневную поверхность в виде родников, формирующих ручьи и мелкие реки, является процессом необратимым; он направлен и действует только в одном направлении.

На площади распространения карбонатных пород (известняков, мраморов, доломитов) развиты так называемые карстовые родники, имеющие нередко большие расходы — до 3—5 м³/с. Такие роднички дают начало некоторым рекам в Восточной Сибири, на Урале и в других районах СССР.

В республиках Средней Азии (Узбекистане, Киргизии, Таджикистане) в предгорных равнинах часто выходят очень крупные по своим расходам родники, которые получили свое название у местных жителей, — Карасу. Эти Карасу дают начало рекам с расходами воды до 10—15 м³/с.

В Араратской долине Армении у подножья склона горы Арагац выходит группа родников Айпа-булак с суммарным расходом до 22 м³/с, образуя целую реку, воды которой используются для орошения.

В таких природных условиях, когда процесс стока подземных вод является необратимым — направлен в сторону естественной дрены, — химическое загрязнение подземных вод всегда будет приводить к загрязнению поверхностных вод особенно стойкими химическими соединениями. В этом отношении существующая в нашей стране служба охраны подземных вод от загрязнений имеет исключительно большое народнохозяйственное значение.

Чтобы оценить общие закономерности взаимосвязи поверхностных и подземных вод на больших площадях, советскими учеными была разработана теория вертикальной гидродинамической зональности. Сущность этой теории можно представить в следующем виде.

На режим подземных вод, распространенных в верхней части земной коры, существенное влияние оказывает дренирующая роль крупных рек, озер, морей и океана.

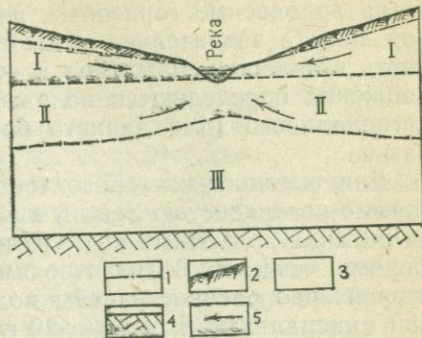
Расчленивая поверхность суши, нередко на большую глубину, реки и моря предопределяют направления, скорость и интенсивность стока подземных вод.

Если построить вертикальный разрез верхней части земной коры на глубину распространения основных водоносных горизонтов, то по степени связи подземных вод с

Рис. 11. Схема вертикальной гидрогеологической зональности:

1 — уровень подземных вод; 2 — почвенный покров; 3 — водоносные породы; 4 — водонепроницаемые породы; 5 — направление подземного стока.

Римские цифры на схеме — зоны подземного стока: I — активного, II — замедленного, III — весьма замедленного



поверхностными водами и вообще с поверхностью земли можно выделить три гидродинамические зоны (рис. 11).

Первая, самая верхняя зона характеризуется весьма активной формой взаимосвязи с поверхностью и весьма интенсивным и устойчивым стоком подземных вод, направленным в сторону крупной речной сети.

Гидрографическая сеть для подземных вод, распространенных в первой зоне, играет весьма активную роль естественных дренажей (главным образом крупные реки, озера, реже моря). Ресурсы подземных вод первой зоны принимают самое активное участие в общем круговороте влаги на Земле и отличаются большой подвижностью и возобновляемостью.

В этом непрерывно действующем и весьма активном процессе круговорота в годовом цикле большая роль принадлежит подземным водам, приуроченным к первой, самой верхней гидродинамической зоне. По гидрогеохимическим условиям первая зона характеризуется распространением исключительно пресных подземных вод — самым драгоценным даром природы.

Учитывая особенности природных условий, первая зона получила название зоны активного подземного стока и активной связи водоносных горизонтов с поверхностью.

Вторая, средняя зона залегает примерно на глубинах ниже активного дренирования подземных вод местной гидрографической сетью. Зона характеризуется тем, что дренирующее действие крупных рек и озер влия-

ет на водоносные горизонты, распространенные во второй зоне, в значительно меньшей степени. Направленность стока подземных вод и естественная скорость их движения определяются положением так называемого регионального (для данного бассейна) дренирующего базиса.

Для водоносных горизонтов второй зоны затухает связь с поверхностью Земли, а следовательно, ухудшается питание подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков. В гидрогеохимическом отношении во второй зоне распространены подземные воды повышенной минерализации (до 10—20 г/л) сульфатно-гидрокарбонатного состава.

Такая природная обстановка в целом характеризует вторую зону как зону с замедленным стоком подземных вод и неблагоприятными условиями возобновления их ресурсов.

Третья, самая нижняя по разрезу гидродинамическая зона, в которой водоносные горизонты залегают на больших глубинах (более 800—1000 м), характеризуется следующим: направленность движения подземных вод определяется здесь глубоко залегающим региональным базисом стока (море, океан) или тектоническими разломами глубокого заложения; естественные скорости движения подземных вод весьма малы и измеряются в пределах 0,05—0,1, реже 0,2 м в год. Именно поэтому третья зона выделена как зона весьма замедленного стока подземных вод, при котором практически отсутствуют условия возобновления естественных ресурсов.

В третьей зоне распространены подземные воды высокой минерализации — промышленные рассолы (более 50 г/л) преимущественно хлоридно-кальциевого состава.

В общем круговороте влаги на нашей планете подземные воды третьей зоны участвуют в течение длительного, по всей вероятности, геологического времени.

Как видно из краткого изложения теории вертикальной зональности, для характеристики окружающей среды наибольшее значение имеют подземные воды первой гидродинамической зоны, зоны интенсивного стока подземных вод, с возобновляемостью ресурсов и активной формой связи с поверхностными водами.

СКОЛЬКО ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЗЕМНОМ ШАРЕ

Чтобы правильно понять значение подземных вод, бережно относиться к ним и обеспечить контроль над их рациональным использованием в народном хозяйстве, необходимо знать, каково же их количество.

Все познается в сравнении. Поэтому приведем сравнительные данные по общим водным ресурсам земного шара, в том числе и ресурсам подземных вод. Задача эта сложная, так как для оценки общих водных ресурсов нашей планеты из-за слабой изученности некоторых территорий не хватает достоверных данных.

В этом отношении следует упомянуть о международных многолетних научных исследованиях, выполняемых по программе Международного гидрологического десятилетия (программа МГД) по линии ЮНЕСКО Организации Объединенных Наций. Эти исследования проводятся во всех странах, входящих в состав ООН, с 1966 г., и результаты их позволяют оценить общие запасы воды в целом, а также по основным регионам земного шара.

Таблица 7

Распределение среднегодового количества атмосферных осадков по основным континентам мира, %

Элемент водного баланса	Общее кол-во, расходуемое на питание подземных вод, тыс. км ³	Европа	Азия	Африка	Северная Америка	Южная Америка	Австралия	В том числе СССР
Атмосферные осадки . . .	44,3	6,5	29,7	18,8	12,6	26,6	5,8	9,9

Общее количество атмосферных осадков на площади земного шара в среднем составляет 532,5 тыс. км³ в год (по данным Института географии АН СССР). Только четвертая часть этих осадков — 133 тыс. км³ выпадает на суше, остальные на площади Мирового океана и морей.

Запасы воды на земном шаре

Запасы	Количество, млн. км ³	Химический состав, г/л	Пригодность для потребления
Мировой океан	1,4	Соленая, количество растворенных солей до 35	Может быть использована для водоснабжения и орошения только после опреснения
Подземные воды верхней части земной коры на глубине: а) до 1000 м	4	Преимущественно пресная, количество растворенных солей до 1	Вполне пригодна для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении и орошении
б) от 1000 до 6000 м	Около 5	Преимущественно соленая, количество растворенных солей до 30—100, реже до 300—400 (крепкие рассолы)	Может быть использована в химической промышленности. Для водоснабжения и орошения требуется опреснение
Озера и мелкие водоемы	—	Преимущественно пресная	Вполне пригодна для хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения
Полярные ледники (главным образом Гренландии и Антарктического континента)	24	Пресная	Для использования требуются транспортировка к потребителю и оттаивание

Учитывая, что выпадающие осадки относительно равномерно расходуются на испарение, поверхностный сток и инфильтрацию, на питание пресных вод идет примерно 44,3 тыс. км³.

Это количество осадков на земном шаре распределяется следующим образом (табл. 7).

Из таблицы видно, что наиболее благоприятные условия питания пресных подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков отмечаются в Азии, Южной Америке и Африке. Причем в Южной Америке большой удельный вес осадков обеспечивает сток самой крупной реки мира — Амазонки, расход воды которой достигает 220,0 тыс. м³.

В природных условиях водные ресурсы в поверхностной и подземной частях гидросферы всегда накапливаются в объемной форме (так называемые стационарные или объемные запасы) и в поточной форме (в форме ежегодно формирующихся потоков, или собственно ресурсов). В первом случае размерность запасов измеряется в объемных единицах, а во втором — расход потока в единицу времени. Общие объемные (или стационарные) водные запасы земного шара (по данным ЮНЕСКО) представлены в табл. 8.

Следует иметь в виду, что приведенные в таблице запасы подземных вод не могут быть полностью извлечены из недр даже самыми рациональными техническими средствами. При решении практических задач по их использованию обычно учитывается коэффициент извлечения объемных запасов.

Наряду с объемными запасами, как отмечалось ранее, на нашей планете формируются ежегодно возобновляемые естественные ресурсы, количество которых измеряется расходом потока подземных вод в единицу времени. Это — наиболее ценные и легко доступные для человечества ресурсы пресных вод — речные воды, а также подземные воды первой верхней гидродинамической зоны, находящиеся под дренирующим влиянием речных долин и образующие интенсивный подземный сток в реке. В табл. 9 приводятся количественные данные по ресурсам пресных вод (по данным М. И. Львовича).

Наибольшую хозяйственную ценность представляют данные по подземному речному стоку. Эти ресурсы пресных подземных вод, сведения по которым приведены в обобщенном виде, являются наиболее устойчивыми и подвергаются наименьшим колебаниям во времени. Наибольшая величина подземного стока отмечается для природных условий Южной Америки, Африки и Европы.

Ресурсы пресных поверхностных и подземных вод земного шара

Сток	Со всей площади суши Земли	В том числе	
		Европа	Азия
Поверхностный речной, км ³	26,945	2,045	9,780
Подземных вод в реки, км ³	11,885	1065	3,410
Полный речной, км ³	38,830	3110	13,190
Подземный в % к полному	31	34	26

Обращает на себя внимание чрезвычайно неравномерное распределение по площади ресурсов пресных вод. Так, например, в Южной Америке основные ресурсы сосредоточены в бассейне р. Амазонки, в Северной Америке в бассейне р. Миссисипи, в Советском Союзе преимущественно в бассейнах рек Енисей, Обь, Лена, Амур и т. д.

Необходимо также отметить, что приведенные в табл. 9 сведения о подземном стоке не в полной мере характеризуют устойчивые водные ресурсы речных долин. Дело в том, что в этих данных не полностью учитывается сток в озера, а также сток в созданные крупные водохранилища.

По данным Института географии АН СССР, регулирование крупных водохранилищ (например, в бассейнах рек Волги, Сырдарьи и др.) повышает устойчивый сток на 15%. В Советском Союзе достигнут несколько больший коэффициент устойчивого стока — 25%.

Помимо данных, приведенных в табл. 9, следует иметь в виду сток воды и льда (в виде айсбергов) полярных ледников Гренландии, Канадского Арктического архипелага и Антарктиды. По данным В. М. Котлякова, величина этого стока приблизительно составляет 2 200 км³ в год. Таким образом, суммарный сток поверхностных и подземных вод на площади всей нашей планеты составляет 41 730 км³. Полный речной сток является главным источником ресурсов пресных вод Земли. Из этого количества значительная доля общего стока в течение года направлена в Мировой океан — 41 000 км³, а сток в количестве 730 км³ — к замкнутым бессточным бассейнам типа Каспийского и Аральского морей.

по материкам				В том числе СССР
Африка	Северная Америка	Южная Америка	Австралия	
2,760	4,220	6,640	1500	7630
1,465	1,740	3,740	465	1020
4,225	5,960	10,380	1965	8650
35	32	36	24	25

Территория Советского Союза богата ресурсами пресных вод. По объему годового речного стока после Бразилии наша страна занимает второе место. Однако по величине подземного стока пресных вод в реки СССР значительно уступает Южной Америке, Азии, Африке, Северной Америке.

М. И. Львович приводит очень интересные данные по обеспеченности пресными водными ресурсами на душу населения.

Если учесть только устойчивый сток, то в целом по нашей планете обеспеченность на душу населения составляет 3950 м³ в год. Наибольшая обеспеченность отмечается в Австралии (27 500 м³ в год), в Южной (21 100 м³ в год) и в Северной (7 640 м³ в год) Америке, а также в СССР (5 800 м³ в год). В Европе же она не превышает 2 100 м³ в год.

Теперь нас должен интересовать вопрос о степени использования ресурсов пресных вод в целом по всем странам мира. По данным ЮНЕСКО, общее количество подземных вод, ежегодно извлекаемых из недр Земли различными способами (скважины, колодцы, кяризы), составляет около 15—20 тыс. км³. При этом в большинстве случаев отбираемое количество подземных вод восстанавливается в естественных условиях, т. е. эксплуатация производится без истощения запасов (используются преимущественно возобновляемые ресурсы).

Однако, наряду с этим, имеются отдельные области или крупные города, на площади которых отбор подземных вод превышает их естественное ежегодное возобновление. В таких условиях эксплуатация приводит к исто-

щению запасов, к осушению водоносных горизонтов и значительному снижению уровня подземных вод в скважинах (западные штаты США, города Мехико, Токио и др.).

СОВРЕМЕННОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ И ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НА ПЕРСПЕКТИВУ

В настоящее время международной статистикой ЮНЕСКО установлено среднее ежегодное количество потребления пресной воды на все периоды на душу населения (табл. 10).

Таблица 10

Среднее потребление пресной воды на душу населения

Страны	Цель водопотребления	Потребление пресной воды в год на одного жителя, м ³
Страны с весьма развитой промышленностью и орошением (типа США)	Комплексное промышленное водоснабжение, орошение земель и пр.	1500—2000
Страны с менее развитой промышленностью и со средним уровнем орошения (типа Франции, ФРГ, ГДР)	То же	600
Развивающиеся страны Африки и Ближнего Востока	»	100—200
Страны в безводных зонах с примитивной цивилизацией	»	20—50

Общее потребление пресных вод в целом на нашей планете, население которой насчитывает 3 млрд. человек, достигает: а) максимальное — 1200 млрд. м³ в год, б) минимальное — 900 млрд. м³ в год. В среднем для всего населения земного шара потребление пресной воды составляет на одного жителя от 300 до 400 м³ в год.

Фактическое потребление пресных вод в настоящее время складывается из использования: 1) поверхностных вод рек и озер; 2) ресурсов пресных подземных вод; 3) морских вод путем их опреснения; 4) соленых подземных вод путем их опреснения.

В крупных городах мира (с населением более 1—2 млн. человек) хозяйственно-питьевое и промышленное водоснабжение осуществляется преимущественно путем использования ресурсов пресных поверхностных вод; используются также подземные воды на крупных объектах, где они составляют в среднем всего 8—10% от общего водопотребления. Что же касается более мелких городов, то во многих случаях весь комплекс водоснабжения (хозяйственно-питьевое и промышленное) построен здесь преимущественно на использовании ресурсов подземных вод. Во многих областях мира ресурсы подземных вод являются вообще единственным источником их существования и развития.

Оценивая общее использование пресной воды, небезынтересно отметить сравнительную оценку самой структуры водопотребления в некоторых ведущих странах мира (табл. 11).

Таблица 11

Потребление воды в США и Франции, %

Водопотребление	США	Франция
Коммунальное (хозяйственно-питьевое) водоснабжение	10	12
Промышленное водоснабжение	41	37
Орошение земель и сельскохозяйственное водоснабжение	49	51

Аналогичная структура потребления пресных вод отмечается в Японии, в странах Европы, Южной Америки и др.

Как видно из приведенных данных, основное потребление пресных подземных вод во многих странах осуществляется для нужд водоснабжения промышленных объектов (заводов, фабрик, тепловых электростанций, горно-обогатительных предприятий и др.) и орошения земель.

В значительно меньшей степени пресные подземные воды используются непосредственно на культурно-бытовое потребление — питьевое и хозяйственное водоснабжение городов, рабочих поселков и других населенных пунктов.

Зная, таким образом, общие потенциальные ресурсы пресных вод и общее их потребление, можно выявить степень их использования (табл. 12).

Таблица 12

Степень использования ресурсов пресных вод

Ресурсы пресных вод	Общие ресурсы, млн. м ³ в год	Общее потребление, км ³ в год	Использование, %
Поверхностных вод	26,945	1,2	~3
Подземных вод	11,885		
Объемные запасы подземных вод	4	Нет данных	—

Приведенные данные по проценту использования общих ресурсов пресных вод следует рассматривать как «валовые цифры», как общий порядок цифр, которые не отражают по существу истинную картину по отдельным странам. Объясняется это прежде всего тем, что естественные ресурсы пресных вод на нашей планете распределены чрезвычайно неравномерно. Поэтому было бы более правильно привести данные по отдельным частям света или по наиболее крупным странам. К сожалению, такими данными ЮНЕСКО не располагает. В этом отношении очень интересные сведения об условной степени обеспеченности водными ресурсами по отдельным частям света приводятся в работе М. И. Львовича (табл. 13). Эти данные даются в сравнении с существующим водопотреблением.

Условная степень обеспеченности водными ресурсами, м³/год

Элемент обеспеченности	В целом по земному шару	В том числе	
		Европа	Азия
Устойчивый речной сток на душу населения	3950	2100	1960
Существующее потребление на душу населения	300—400	600	100—200

Необходимо учитывать, что количество воды, расходуемой в той или иной стране, зависит от условий орошения, от развития промышленности крупных городов, т. е. от развития главных потребителей. Иначе говоря, в основу оценки потребления воды, особенно с учетом дальнейшей перспективы, должен быть положен экономический фактор.

В связи с этим следует отметить, что статистические данные ЮНЕСКО по фактическому водопотреблению устарели, они отвечают уровню развития стран на 1968 г.

Два важнейших основных фактора должны учитываться при оценке степени обеспеченности ресурсами пресных вод: а) принцип их весьма неравномерного распределения по площади страны и б) степень экономического развития, в том числе на перспективу.

Совершенно очевидно, что в связи с дальнейшим экономическим развитием стран и увеличением народонаселения будет ежегодно возрастать и потребность в пресной воде.

По данным ЮНЕСКО, к 2000 году население земного шара должно удвоиться, т. е. достигнет примерно 6 млрд. человек. Если допустить, что к этому времени большинство стран мира будут приближаться к уровню промышленного и сельскохозяйственного развития США (уровень водопотребления США к этому периоду достигнет 2500 м³ на душу населения), то, как отмечает французский специалист Рэне Колл, общая потребность в воде будет выражаться в количестве 15 000 км³ в год. Таким образом, к 2000 году население земного шара будет потреблять добрую половину всех запасов пресных вод.

Таблица 13

по материкам				В том числе в СССР
Африка	Северная Америка	Южная Америка	Австралия	
5500	7640	21 100	27 500	5 800
100—200	1500—2000	100—200	100—200	600

Это цифра — «валовая» в среднем для всех стран мира. Однако, учитывая неравномерность распределения ресурсов, можно с уверенностью сказать, что к этому времени уже многие страны нашей планеты будут испытывать острый недостаток в пресной воде. Для отдельных стран этот дефицит может возникнуть значительно раньше. Таким образом, уже в 2000 г. развитие стран приведет к тому, что человечество встанет перед серьезной проблемой — острым недостатком пресной воды.

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДОЙ

Читатель познакомился с общими прогнозными ресурсами пресных вод земного шара, с современным их использованием и основными потребителями воды.

Во многих странах мира уже в ближайшие 10—15 лет остро встанет проблема — каким путем ликвидировать дефицит в пресной воде.

Какие же можно наметить общие тенденции положительного решения такой проблемы?

Прежде всего во всех странах следует организовать строгий учет потребления ресурсов пресных вод. Работу, которая проводится в этом направлении по программе МГД, следует рассматривать как первый этап исследований по стационарному изучению всех видов потребления пресных вод.

Приведенные выше данные по оценке общих ресурсов и водопотребления являются ориентировочными, основанными на предварительных сведениях. Очень важно дальнейшее комплексное исследование по изучению ресурсов пресных вод. Особенно необходимы исследования по оценке прогнозных ресурсов пресных и слабо солоноватых подземных вод, сведения по которым в настоящее время являются сугубо ориентировочными. Только по двум странам — СССР и США имеются достоверные данные по количеству прогнозных ресурсов подземных вод и закономерностям их распределения по площади. По отдельным странам имеются только общие соображения или отрывочные данные в этом направлении. Весьма желательно, чтобы международные комплексные исследования по изучению ресурсов пресных поверхностных и подземных вод проводились по одной программе и еди-

ной методике. Это позволит осуществить анализ собранных по каждой стране материалов.

Как видно из приведенных выше данных, основными потребителями пресной воды являются промышленность и сельское хозяйство. Если в двух этих направлениях решить ряд важных проблем, связанных с коренным улучшением практического использования водных ресурсов, то по существу при одном и том же количестве пресных вод земного шара можно найти пути удовлетворения перспективной потребности.

Итак, главное направление в удовлетворении растущей потребности в воде — это максимальная ликвидация безвозвратных потерь при потреблении и более рациональное использование ресурсов. В связи с этим можно наметить следующие общенациональные, международные мероприятия.

Одним из способов увеличения запасов пресной воды является повторное ее использование на объектах основных потребителей. Перевод (главным образом) всех емких водопотребителей на замкнутые схемы промышленного водоснабжения — это реальный путь сокращения и рационального использования ресурсов пресных вод. Не менее эффективным средством в этом отношении является повторное использование бытовых и некоторых производственных стоков, что нашло подтверждение на практике в некоторых странах (СССР, Франция, США и др.).

Весьма важным мероприятием по общей проблеме рационального использования ресурсов пресных вод является коренное улучшение технологического процесса очень емких по водопотреблению производств. Можно ли (на фоне наступающего острого дефицита пресной воды) согласиться с такой технологией, которая требует для выработки одной тонны синтетического волокна до 20—30 т воды, а для одной тонны синтетической резины — до 15 т воды и т. д.?

Современные достижения науки и техники позволяют рассчитывать, что важнейшая проблема по коренному совершенствованию технологических процессов в производстве ряда продуктов может быть решена положительно. Следовательно, представится возможность резко сократить потребление воды на промышленное водоснабжение.

Общенациональной, международной проблемой является полное прекращение сброса в реки, озера и моря неочищенных и необезвреженных промстоков современного производства. Полного прекращения загрязнения пресных вод можно достичь путем: 1) коренного улучшения действующей и разработки новой технологии производства (сделать его мало- или безотходным производством); 2) строительства на всех промышленных предприятиях современных очистных сооружений, обеспечивающих обезвреживание промстоков малоотходных производств.

В интересах всего человечества требуется осуществить коренное улучшение технологии орошения земель — второго основного потребителя ресурсов пресных вод. Орошение земель — это такой раздел на современной стадии хозяйственной деятельности человека, который характеризуется очень большими безвозвратными потерями воды при ее использовании. До сих пор во многих странах при транспортировке воды применяется строительство ирригационных каналов без противоинфильтрационной одежды. Это приводит к большим потерям воды в магистральных каналах (до 25—40% общего их расхода). Применяется несовершенная технология полива, связанная также с большими безвозвратными потерями воды. Очень редко при орошении земель применяется рациональное сочетание в использовании для этих целей поверхностных и подземных вод. Вертикальный дренаж, как неизбежное средство борьбы с процессами вторичного засоления почв или их заболачиваемостью, может быть направлен для периодического использования подземных вод на орошение.

В этом направлении проблема рационального использования водных ресурсов на орошение может быть решена без особых трудностей путем внедрения инженерных мероприятий. Основная задача состоит в том, чтобы изыскать пути коренного улучшения технологии полива, при которой можно полностью избежать безвозвратных потерь пресных вод.

Необходимо широко внедрить в практику имеющийся в некоторых странах (США, Индия и др.) опыт использования для орошения земель подземных вод с минерализацией до 5—8 г/л. Это позволит высвободить для других нужд какой-то резерв пресных вод.

Неравномерное распределение водных ресурсов по площади крупных территорий или отдельных стран вынуждает для решения проблем водообеспечения различных отраслей хозяйства прибегать к транспортировке воды иногда на большие расстояния (более 1000 км). Опыт таких работ, проведенных в СССР и США, показывает, что эти мероприятия в экономическом отношении вполне рентабельны и позволяют осуществлять развитие производительных сил засушливых областей. Следовательно, переброска пресных вод из района, где отмечается их избыток, в район острого дефицита на большие расстояния — это реальный путь удовлетворения потребности в воде на перспективу. Совершенно естественно, что транспортировка пресных вод в значительных количествах из одной области в другую потребует в каждом отдельном случае весьма тщательной комплексной прогнозной оценки тех изменений, которые могут возникнуть в природных условиях и в окружающей среде.

Есть еще один путь более рационального использования ресурсов пресных вод — это регулирование многолетнего стока рек системой каскада крупных водохранилищ. По мнению М. И. Львовича и А. Б. Авакяна, изучавших плесные объемы построенных водохранилищ мира, регулирование водохранилищами речных вод позволило увеличить их так называемый устойчивый сток в среднем на 15% для всех стран земного шара и до 25% — для Советского Союза.

Следует при этом иметь в виду, что строительство крупных водохранилищ значительно уменьшает вредное воздействие паводков. Для некоторых районов СССР (по рекам Волге, Днепру и др.) построенные водохранилища позволили увеличить меженный сток сухих периодов более чем в три раза. Изменения режима речного стока путем строительства каскада крупных водохранилищ, как показывает опыт их освоения, создает новые условия и взаимосвязи с природой. Прогнозная оценка этих изменений также требует своего научного обоснования, чтобы избежать вредного их воздействия. При строительстве так называемых равнинных водохранилищ на реках целесообразно также производить оценку экономической целесообразности.

Таким образом, мы видим, что обеспечение человечества пресной водой на ближайшую и далекую перспекти-

ву потребует серьезных капиталовложений для своевременного решения ряда проблемных мероприятий. В основе этих решений, следовательно, лежат не только научно-технические, но и, главным образом, экономические условия. Сможет ли капиталистический мир, где частная собственность преследует главную цель — получить сверхприбыли монополий, пойти на «такую жертву»? Это вопрос жизни будущего поколения.

Что же касается стран социалистического лагеря, где существует плановое гармоничное развитие народного хозяйства и главной целью является постоянное улучшение благосостояния трудящихся и повышение жизненного уровня всего общества, указанные выше мероприятия по существу систематически планируются и постоянно выполняются. В этом и состоит социально-экономическое и политическое преимущество социалистического строя.

В связи с проблемой острого дефицита пресной воды в будущем имеются предварительные соображения по устранению его путем использования огромных ресурсов полярных ледников.

Как уже было сказано выше, наибольшее количество пресных вод скапливается в полярных ледниках (24 млн. км³). Можно ли практически использовать эти запасы пресной воды? Наблюдениями было установлено, что существует своего рода сток полярных ледников: от спускающегося в океан ледяного шельфа откалываются громадные ледяные горы — до нескольких километров в длину и нескольких сот метров в ширину. Эти отколовшиеся льдины получили название айсбергов. Предварительные подсчеты американских ученых показали, что таким путем в открытый океан «стекает» столько пресной воды, сколько ее выпадает в виде осадков на всей территории Соединенных Штатов Америки, т. е. по среднегодовым нормам 760 мм/год. С помощью мощных атомных буксиров можно на канатах транспортировать айсберги по океану и доставлять к побережью материка. В частности, американские ученые считают возможным доставлять айсберги к побережью Южной Калифорнии, где ощущается уже сейчас острая нехватка пресной воды.

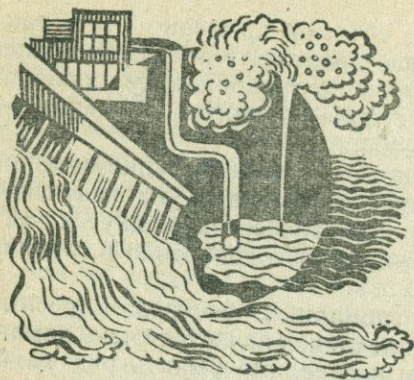
По замыслу ученых, доставленный к побережью айсберг должен быть поставлен на якорь. Затем с помощью специальных плавучих экскаваторов от айсберга будут

откалываться глыбы льда объемом примерно 3 м³ и также плавучими кранами доставляться в плавучую транспортную башню, от которой по трубопроводу тающий лед будет подаваться на сушу в приемную установку — для окончательного оттаивания.

Были произведены и предварительные экономические расчеты, которые показали, что затраты на получение пресной и очень чистой воды айсбергов окажутся чуть ли не в 3 раза меньше стоимости водопровода в городах Южной Калифорнии.

Идея использования громадных ресурсов пресных вод покровных полярных ледников является очень заманчивой. Однако для этого необходимо решить ряд сложных технических проблем по транспортировке айсбергов, сохранению в пути их объема, созданию новых технических средств и т. д.

Этот проект практического использования запасов пресной воды полярных льдов является проектом будущего.



ВОДО-
ХОЗЯЙСТВЕННОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО
И
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ

В нашей стране в огромных масштабах проводится водохозяйственное строительство, которое охватывает большой комплекс инженерных сооружений, так или иначе связанных с рациональным использованием природных ресурсов. В этот комплекс входит строительство на реках крупных водохранилищ многолетнего регулирования, мощных гидроэлектростанций, ирригационное строительство и строительство оросительных систем. Оно включает также мелиоративное строительство при осушении заболоченных территорий, интенсивный отбор из недр земли подземных вод для целей централизованного водоснабжения крупных городов или промышленных объектов, а также осушение месторождений полезных ископаемых при их промышленной обработке и др.

В последние годы в нашей стране в больших масштабах стали применяться наиболее эффективные способы добычи нефти с помощью так называемого внутриконтурного и законтурного заводнения нефтеносных структур, когда в продуктивный пласт нагнетается с поверхности системой нагнетательных скважин большое количество воды.

На вопрос — что такое водохозяйственное строительство — можно дать следующее определение: это совокупность крупных инженерных мероприятий, направленных на рациональное использование различных природных ресурсов, на развитие производительных сил с целью дальнейшего улучшения благосостояния нашего социалистического общества. Таким образом, большой комп-

лекс водохозяйственного строительства, систематически осуществляемый в нашей стране на огромных территориях, является неотъемлемой и составной частью планомерного развития производительных сил.

В результате исследований и накопленного опыта было установлено, что под влиянием различных видов водохозяйственного строительства происходит коренное преобразование природных условий на больших площадях, или, как говорят, в региональном плане.

Это коренное преобразование природного динамического равновесия выражается в: 1) изменениях микроклиматических условий; 2) коренном преобразовании естественных и создании искусственных ландшафтных условий больших по площади территорий; 3) интенсивном проявлении различных геологических процессов (эрозия почвы, оползни, обвалы, обрушения, переработка берегов водохранилищ и др.), а также гидрогеологических процессов (заболоченность территории, вторичное засоление почв, осушение водоносных пластов и др.); 4) комплексном проявлении одновременно геологических и гидрогеологических процессов — оседание поверхности земли; 5) нарушении взаимосвязи между поверхностными и подземными водами (подтопление территории, дренаж речных вод и др.).

Инженерная, в том числе водохозяйственная деятельность человека особенно интенсивно оказывает свое влияние в области распространения многолетнемерзлых пород. Выше отмечалось, что многолетнемерзлые породы, или, как иногда называют, вечная мерзлота, на территории СССР имеют очень широкое распространение (охватывают до 47% всей площади нашей страны). В толще многолетнемерзлых пород подземные воды и вообще влага находятся в твердом состоянии, как бы цементируя их льдом.

В естественных природных условиях создаются теплофизические предпосылки образования и существования многолетнемерзлых пород. Нарушение этого природного равновесия может привести к довольно глубокому протаиванию мерзлых пород (например, при строительстве газопроводов), что нередко вызывает деформацию поверхности, а также поверхностных и подземных сооружений.

Нередко в нашей печати пытаются утверждать, что рациональное использование природных ресурсов при развитии производительных сил состоит в сохранении природной среды. Это утверждение по своему содержанию теряет всякий смысл. Дело в том, что инженерная, в том числе и водохозяйственная деятельность человека всегда приводит к изменению исторически сложившегося природного динамического равновесия. В эпоху современной научно-технической революции, как неоднократно подчеркивалось выше, эти влияния приводят к коренным преобразованиям окружающей среды.

Главная задача рационального использования природных, в том числе геологических, ресурсов состоит в том, чтобы при воздействии на природу научиться управлять развитием целого комплекса возникающих новых процессов, ликвидировать их вредные последствия.

Эту главную задачу можно успешно решить в том случае, если планировать использование природных ресурсов и мероприятия по охране природы на серьезной научной основе. В этом случае дальнейшее развитие народного хозяйства нашей страны возможно без ущерба для исторически сложившейся окружающей среды.

Рассмотрим несколько разделов основной проблемы — водохозяйственное строительство и нарушение природного равновесия.

ИНТЕНСИВНЫЙ ОТБОР ПОДЗЕМНЫХ ВОД ИЗ НЕДР ЗЕМЛИ

Пресные подземные воды в нашей стране довольно широко используются для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Централизованное водоснабжение городов, рабочих поселков, совхозов и колхозов стало развиваться в необходимых объемах только при Советской власти.

В дореволюционной России централизованное водоснабжение имели всего лишь несколько городов (Москва, Петроград, Киев).

Та часть водохозяйственного строительства, которая охватывает сооружение для целей интенсивного отбора подземных вод в связи с хозяйственно-питьевым и промышленным водоснабжением, имеет некоторую особенность. Последняя характеризуется тем, что пресные под-

земные воды, как драгоценный дар природы, выступают в этой проблеме в качестве ценнейшего полезного ископаемого. Использование пресных подземных вод для водоснабжения коренным образом улучшает быт нашего народа, способствует повышению общего санитарно-гигиенического уровня жизни.

Существующий период развития народного хозяйства в нашей стране характеризуется очень быстрым ростом потребления подземных вод для целей централизованного водоснабжения. Быстрый рост городов, рабочих поселков, новых горнорудных предприятий, промышленных центров и объектов сельского хозяйства потребовал строительства очень крупных водозаборных сооружений для захвата подземных вод. Достаточно в этом отношении привести такие примеры: в Узбекистане для централизованного водоснабжения города и нового крупного промышленного центра построено водозаборное сооружение, состоящее из системы буровых скважин, которое отбирает из недр земли до $8 \text{ м}^3/\text{с}$, а при завершении строительства второй очереди водозабора будет отбираться $10 \text{ м}^3/\text{с}$. Чтобы наглядно представить себе эти данные, приведем для сравнения меженный (минимальный) расход р. Москвы, выше города. Река имеет здесь расход в осеннее время всего $5\text{--}6 \text{ м}^3/\text{с}$. Следовательно, производительность только одного крупного водозабора почти в полтора раза больше, чем расход р. Москвы.

На Кавказе имеются групповые водозаборы суммарной производительностью более $10\text{--}12 \text{ м}^3/\text{с}$. Крупные водозаборы по захвату подземных вод построены в Казахстане, Белоруссии, Украине и на территории РСФСР.

С учетом возросших потребностей для захвата подземных вод стали строиться крупные водозаборные сооружения, состоящие преимущественно из системы взаимодействующих скважин.

Гидрогеологические исследования, проведенные на новом этапе строительства крупного централизованного водоснабжения, показали, что интенсифицированный отбор подземных вод системой скважинных групповых водозаборов стал приводить во многих случаях к очень значительным изменениям природных условий непосредственно на участке водозаборного сооружения и прилегающих площадях.

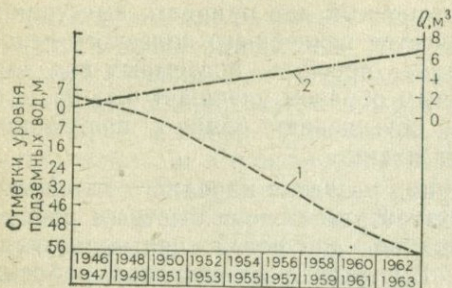


Рис. 12. График снижения уровня подземных вод в центре водозабора:

1 — режим уровня подземных вод; 2 — увеличение суммарного отбора подземных вод

Когда из водоносного горизонта производится отбор подземных вод, то в водозаборных скважинах всегда происходит снижение уровня. Для безнапорных грунтовых вод это снижение всегда приводит к уменьшению мощности водоносного горизонта, а для напорных артезианских вод — к снижению гидростатического напора.

Если на водозаборном участке отбираемое количество подземных вод балансируется с приходными статьями притока воды в пласт, то уровни подземных вод после некоторого снижения в скважинах стабилизируются. Наступает, как говорят в гидрогеологии, стационарный режим фильтрации потока. Депрессионная воронка вокруг водозаборных скважин после ее развития, на первом этапе эксплуатации подземных вод, постепенно стабилизируется.

Однако на водозаборном участке в процессе эксплуатации отбор подземных вод может превышать приток воды в пласт со стороны области питания. При таких условиях вокруг водозаборных скважин образуется нестационарный режим фильтрации, при котором уровни подземных вод во времени непрерывно понижаются.

Именно по этой причине в процессе интенсифицированного отбора (превышающего естественный приток воды в пласт) вокруг водозаборного сооружения образуется огромная по площади депрессионная воронка сниженных уровней подземных вод, которая постоянно развивается либо на площади, либо на глубину.

На площадях некоторых артезианских бассейнов (Днепровско-Донецком на Украине) в результате длительной эксплуатации в центре отдельных крупных водозаборов напорные уровни подземных вод снижены на глу-

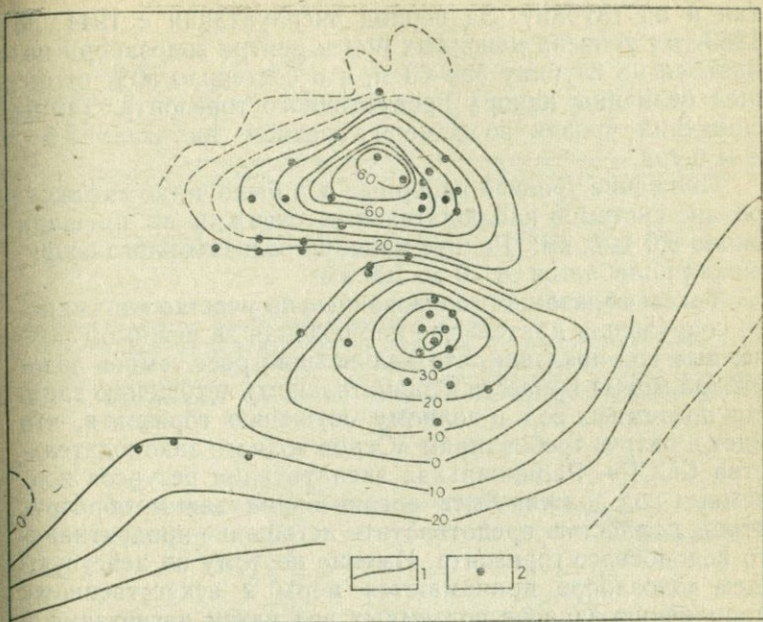


Рис. 13. Депрессионная воронка сниженных уровней подземных вод на водозаборном участке:

1 — гидроизоэпезы; 2 — буровые скважины

бину до 70—80 м, а радиус влияния водозаборных скважин распространяется более чем на 100 км.

Развитие депрессионной воронки сниженных уровней подземных вод во времени тесно связано с режимом их отбора из продуктивного горизонта.

На рис. 12 и 13 представлен в этом отношении очень характерный пример. Здесь рассмотрен режим работы водозаборного сооружения, на котором системой буровых скважин на глубине более 100 м вскрыт напорный горизонт подземных вод, приуроченный к трещиноватым песчаникам. Продуктивный пласт песчаников перекрывается сверху толщей кембрийских глин. Как видно из многолетнего графика, дебит водозабора (см. рис. 12) постепенно во времени увеличивается и в 1963 г. превысил 6 м³/с. По мере роста отбора происходило непрерывное снижение уровня подземных вод. Интенсификация отбора привела к росту воронки депрессии как по площади,

так и на глубину. За период эксплуатации с 1944 по 1963 год уровень напорных вод в центре водозабора понизился на глубину 55—60 м, что составило 50% от общей величины напора продуктивного горизонта. Темпы снижения уровня во времени в среднем достигали 3,5—4 м в год.

Снижение уровней напорных вод было четко зафиксировано системой наблюдательных скважин на площади около 8,0 тыс. км². Радиус влияния водозаборного сооружения колеблется от 70 до 100 км.

Таким образом, организованные на участке каптажно-го сооружения длительные наблюдения за режимом подземных вод показали, что дальнейший рост темпов водотобора может привести к значительному истощению запасов подземных вод и полному осушению горизонта, что идет в разрез требованиям «Основ водного законодательства СССР». Рациональная эксплуатация ресурсов подземных вод должна быть организована таким образом, чтобы полностью предотвратить истощение продуктивного водоносного горизонта. Именно поэтому на действующем водозаборе принимаются меры к искусственному пополнению запасов подземных вод путем нагнетания в продуктивный горизонт специальными скважинами поверхностных вод.

Такие мероприятия являются экономически выгодными и повышают эффективность работы действующих водозаборов.

Следует иметь в виду, что интенсифицированный отбор подземных вод из недр земли может в некоторых случаях привести и к ухудшению их качества. Изменение качества пресных подземных вод на действующих водозаборах чаще всего может произойти под влиянием внедрения в продуктивный горизонт поверхностных или подземных вод повышенной минерализации.

Внедрение в продуктивный горизонт соленых вод нередко происходит на водозаборных участках, расположенных на морских побережьях (рис. 14). Это возникает в том случае, если режим отбора значительно нарушает условие залегания контакта пресных и морских вод.

В некоторых районах нашего Союза (главным образом в республиках Средней Азии) пресные воды распространены в верхней части геологического разреза в форме огромной линзы, залегающей над солеными подземными

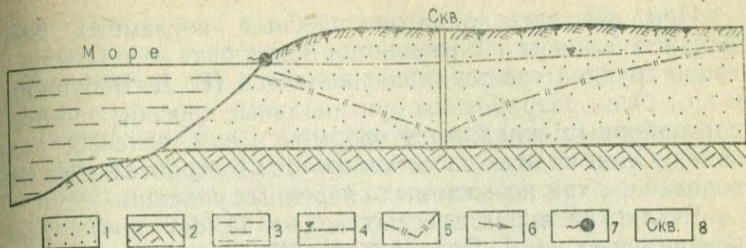


Рис. 14. Схема внедрения соленых морских вод в продуктивный горизонт пресных подземных вод на водозаборном участке:

1 — водоносные пески продуктивного горизонта; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — морские соленые воды; 4 — уровень пресных грунтовых вод в естественном залегании; 5 — депрессионная воронка сниженных уровней грунтовых вод на водозаборном участке; 6 — направление внедрения морских соленых вод; 7 — родник; 8 — водозаборные скважины

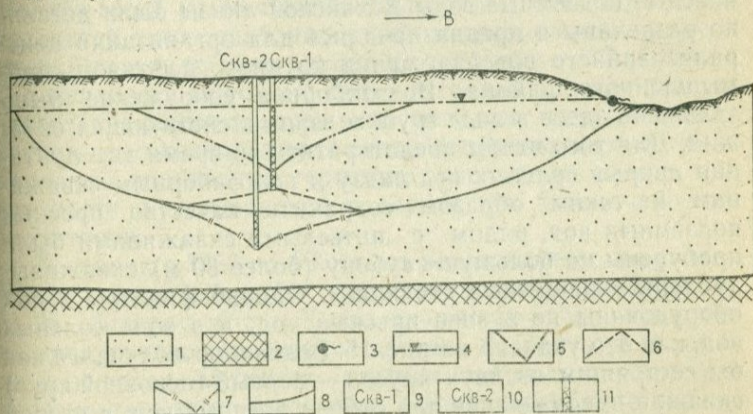


Рис. 15. Схема ярусного водозабора при эксплуатации пресных подземных вод, залегающих в виде линзы на поверхности соленых подземных вод:

1 — водоносные пески; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — родник; 4 — уровень залегания пресных подземных вод в естественном залегании; 5 — депрессионная воронка пресных подземных вод; 6 — «бугор» соленых вод, образовавшийся при эксплуатации; 7 — депрессионная воронка соленых вод; 8 — линия раздела пресных и соленых вод в естественном залегании; 9 — скважина, отбирающая пресные подземные воды; 10 — скважина, отбирающая соленые подземные воды; 11 — фильтры скважин

ми водами высокой минерализации. На площади таких линз интенсивный водоотбор пресных вод может вызвать прорыв соленых вод снизу. Вначале вблизи забоя водозаборной скважины происходит подтягивание контура соленых вод, а затем образуется «бугор» минерализованных вод и происходит резкое ухудшение качества питьевой воды.

При разведке запасов пресных подземных вод Ясханской линзы в Туркмении и подготовке ее к эксплуатации группой советских специалистов (В. Д. Бабушкин и др.) были разработаны оригинальные способы защиты водозаборных скважин от прорыва к ним соленых вод снизу. Один из этих способов состоит в строительстве на водозаборе так называемых спаренных скважин.

Ясханская линза пресных вод занимает почти всю центральную часть Приузбойских Каракумов в Туркмении. Площадь распространения линзы пресных вод достигает здесь около 2000 км², мощность зоны пресных вод на Ясхане составляет 70—80 м. Ниже этой глубины залегают соленые подземные воды, непригодные для питьевого потребления. Драгоценный дар природы — пресные подземные воды Ясханской линзы были детально разведаны и предназначались для организации централизованного водоснабжения крупного нефтяного промышленного района. Водозаборное сооружение было заложено здесь в виде группы взаимодействующих скважин. Для того чтобы предотвратить во время эксплуатации прорыв соленых вод снизу к водозаборным скважинам и таким образом сохранить качество пресных подземных вод, рядом с питьевыми скважинами были пробурены на большую глубину (более 80 м) скважины-дублеры — защитные скважины. Однако фильтры в них оборудованы не в зоне пресных вод, а в зоне соленых вод, как это указано на рис. 15. Водозабор получился как бы состоящим из двух ярусов — первый (основной ярус) скважин предназначен для отбора пресных вод, а второй (защитный ярус) имеет скважины, которые работают на водозаборе периодически по мере подтягивания снизу контура соленых вод и образования «бугра». Нижние скважины, таким образом, защищают эксплуатационные выработки от возможного прорыва снизу соленых вод. Ярусный водозабор с целью защиты эксплуатационных скважин по добыче пресных вод от внедрения в них соленых вод впервые в практике водоснабжения был построен на Ясханской линзе и вот уже много лет работает очень успешно.

Если на площади влияния действующего водозабора могут быть обнаружены искусственные очаги загрязнения поверхностных или подземных вод, то в процессе длительной эксплуатации может произойти ухудшение каче-

ства пресных вод продуктивного горизонта. Произойдет подтягивание к эксплуатационным скважинам контура загрязненных вод и их внедрение в каптажные выработки.

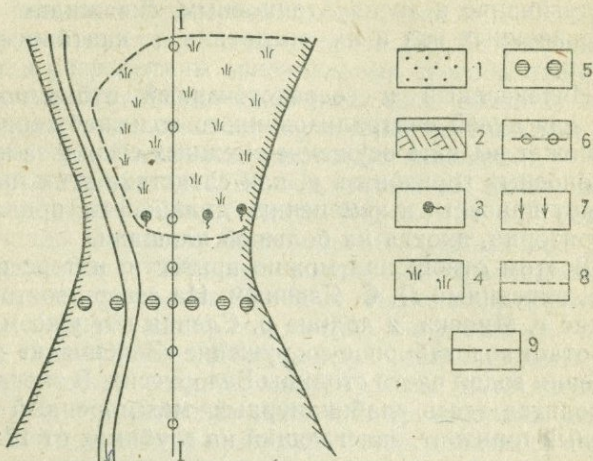
Интенсивный и сосредоточенный отбор подземных вод для целей централизованного водоснабжения нередко может вызвать осушение смежных сверху залегающих водоносных горизонтов и, как следствие этих процессов, может привести к изменению ландшафта прилегающей территории, иногда на большой площади.

В этом отношении можно привести интересный пример, описанный Л. С. Язвиным. На северо-восточной окраине г. Минска, в долине р. Слепня вот уже много лет работает водозаборное сооружение «Зеленовка» для обеспечения водой части столицы Белоруссии. В эксплуатации находится здесь слабонапорный межморенный продуктивный горизонт, залегающий на глубинах от 17 до 40 м. С поверхности моренные пески и гравий перекрываются переслаивающимися глинами, песками и суглинками. К этим переслаивающимся слоям приурочен верхний безнапорный водоносный горизонт, залегающий вблизи поверхности и вызывающий в долине рек заболоченность территории.

В период с 1957 по 1968 г. на водозаборе резко увеличился суммарный дебит эксплуатационных скважин — до 25—30,0 тыс. м³/сут. Такое количество отбираемых вод из продуктивного горизонта привело на большой площади к полному осушению верхних водоносных пластов. В результате этого в долине р. Слепня произошло осушение болот, а на территории прилегающего Ботанического сада из-за резкого снижения влажности в почво-грунтах стало отмечаться высыхание кроны деревьев. Таким образом, в результате длительной эксплуатации водозабора в зоне его влияния произошло коренное изменение ландшафтных условий. Осушенную от болот территорию стали осваивать, а в Ботаническом саду пришлось искусственно подводить воду на полив деревьев.

Аналогичные процессы преобразования ландшафтных условий на территории влияния крупных водозаборов можно наблюдать и на других каптажных сооружениях. Например, на водозаборном участке в долине р. Ангрен в Узбекистане (рис. 16) в суженной части долины реки грунтовые воды аллювиальных песчано-галечнико-

а



б

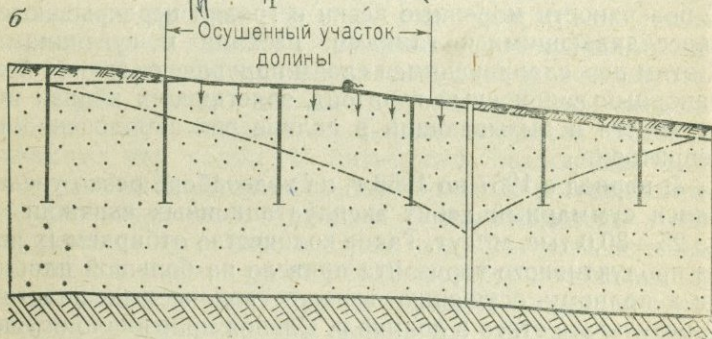


Рис. 16. Схема осушения заболоченного участка, вблизи водозаборного сооружения: а — в плане; б — в разрезе.

1 — водоносные пески; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — родники на заболоченном участке; 4 — площадь заболоченного участка до эксплуатации водозабора; 5 — водозаборные скважины; 6 — наблюдательные скважины по линии разреза I—I; 7 — направление снижения уровня; 8 — уровень грунтовых вод до эксплуатации водозабора; 9 — депрессионная воронка сниженных уровней грунтовых вод на водозаборном участке

вых отложений выходили непосредственно на поверхность, образуя заболоченность довольно большой площади — до 25—30 км². Для близко расположенных населенных пунктов это был постоянный очаг распространения малярийного комара.

В соответствии с ростом потребления питьевой воды для целей централизованного водоснабжения ниже забо-

лоченной площади в долине реки был построен крупный водозабор, состоящий из линейного ряда буровых скважин.

В результате длительной эксплуатации водозабора, с суммарным дебитом до 1,5—2,0 м³/с, произошло снижение уровня грунтовых вод более чем на 6—7 м, и выше-расположенные болота в связи с этим были полностью осушены. Под влиянием интенсивного водозабора подземных вод произошло, таким образом, облагораживание и оздоровление ландшафтных условий крупной территории, прилегающей непосредственно к населенным пунктам.

ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ранее отмечалось, что к комплексу водохозяйственного строительства можно отнести различные системы водопонижения, связанные с необходимостью производить осушение на участках расположения подземных сооружений. К подземным сооружениям относятся различные горные разработки при эксплуатации месторождений полезных ископаемых (шахты, штольни, карьеры, гидротехнические или транспортные тоннели, станции метрополитена, подвальные этажи глубокого заложения различных гражданских и промышленных сооружений и др.).

В процессе строительства подземных сооружений всегда возникает необходимость произвести осушение горных пород на площади прилегающей территории, с тем чтобы создать безопасные условия строительства и эксплуатации объектов. При этом подземные воды из недр земли извлекаются системой водопонизительных скважин или специальными дренажными выработками до полного осушения водоносных горных пород. Наиболее сложные системы осушения приходится применять во время горного строительства, при эксплуатации месторождений полезных ископаемых и при строительстве подземного метрополитена. Без осушения водоносных пород произвести строительство подземных сооружений по существу невозможно.

При сложных гидрогеологических условиях на строительной площадке приходится производить так называемое предварительное осушение либо шахтного, либо

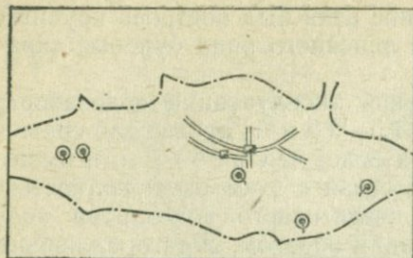


Рис. 17. План горных разработок:

1 — крупные рудники, действовавшие до начала горных разработок; 2 — горные выработки; 3 — площадь распространения депрессионной воронки снижения уровней подземных вод, сформировавшихся при осушении горных работ

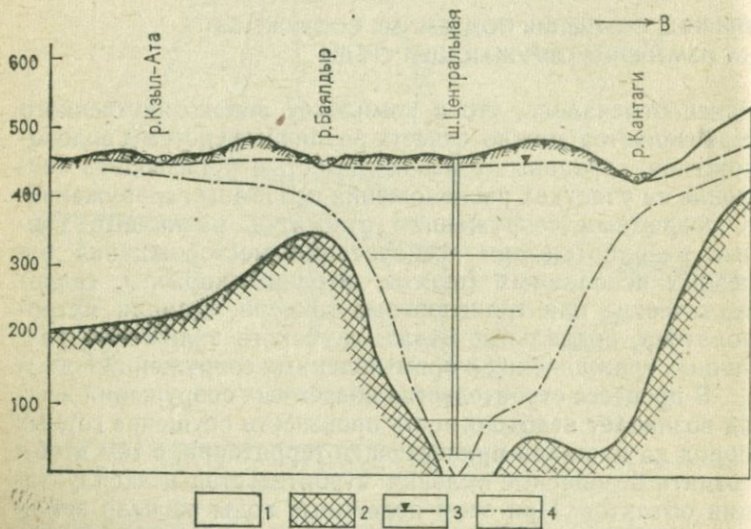


Рис. 18. Гидрогеологический разрез через шахтное поле:

1 — водоносные горные породы; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — уровень подземных вод до начала горных разработок; 4 — депрессионная воронка, сформировавшаяся при осушении горных работ

карьерного поля. На рис. 17—18 приведены некоторые схемы предварительного осушения участков строительства, наиболее часто применяемые в горном деле, при промышленном освоении рудных или угольных месторождений.

В некоторых случаях перед началом строительства подземных сооружений применяют способ заморажива-

ния водоносных горных пород или их предварительной (опережающей) цементации.

Таким образом, при горном строительстве, при строительстве метрополитена или других объектов подземные воды верхней части земной коры выступают не как полезный компонент природы, а являются серьезным препятствием на пути возведения соответствующих сооружений. Если при решении проблемы централизованного водоснабжения воды играют роль весьма ценного полезного ископаемого, то при подземном строительстве они являются серьезным препятствием, с которым приходится бороться специальными способами.

Эта адекватность подземных вод лишней раз характеризует диалектику процессов хозяйственной деятельности человека.

В результате водоотлива подземных вод из многочисленных шахт и карьеров с целью их осушения на значительных территориях происходит коренное нарушение природных гидрогеологических условий. Происходит значительное понижение уровня подземных вод. Нередко изменяются условия их питания и циркуляции, поскольку глубокие горные разработки при осушении играют роль искусственных дрен. Нарушаются условия взаимосвязи поверхностных вод прилегающих рек и подземных вод. Горные выработки часто дренируют реки, и поэтому требуется их отвод за пределы горных разработок.

Дренирующее влияние горных разработок при длительной эксплуатации месторождений полезных ископаемых нередко охватывает большие территории. В результате могут быть осушены прилегающие к шахтам водозаборные сооружения или крупные родники — источники орошения. Все это может отрицательно сказаться на условиях водоснабжения и орошения прилегающих земель. В некоторых случаях приходится изыскивать новые источники водоснабжения уже существующих рабочих поселков или сельскохозяйственных объектов или находить пути комплексного решения водохозяйственных проблем.

При осушении шахтных и карьерных полей происходит, таким образом, глубокое преобразование поверхностного и подземного стока — основных элементов, составляющих систему окружающей среды.

В связи с этим и возникает необходимость в каждом конкретном случае комплексного решения проблем осу-

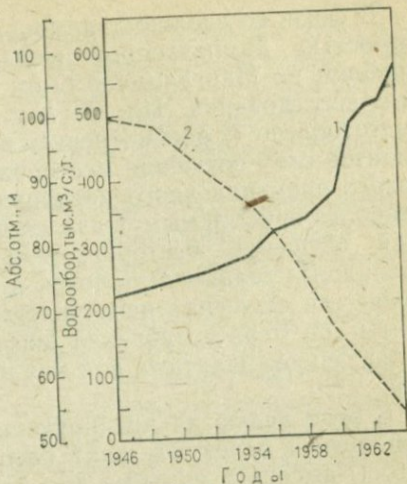
шения месторождений полезных ископаемых, организации водоснабжения объектов, охраны поверхностных и подземных вод от истощения и загрязнения и использования шахтных вод. Рассмотрим пример того, как осушение горных разработок на рудных месторождениях приводит к коренному изменению природных условий и как целесообразно подходить к решению некоторых водохозяйственных проблем комплексно.

В сороковых годах в полупустынной области Южного Казахстана было открыто крупное свинцово-цинковое месторождение Миргалимсай. Оно расположено у подножия юго-западного склона хр. Каратау на стыке гор с Присырдарьинской депрессией. Район месторождения в геологическом отношении характеризуется распространением хорошо обнаженных на поверхности карбонатных пород (известняки, мраморы, доломиты), мощность которых превышает 1200—1500 м. К определенным свитам известняков приурочено свинцово-цинковое оруденение. Юго-западный склон хребта прорезается многочисленными реками второго и третьего порядка. Наиболее крупные из них непосредственно протекают по площади месторождения. В этих реках в среднем и нижнем течении нет постоянно действующих поверхностных потоков; сток формируется главным образом в весенний период (до 80% годового стока рек). В верховьях рек, выше Миргалимсайского месторождения, наблюдаются выходы родников непосредственно из известняков. Среднегодовой расход рек колеблется от 0,25—1 до 2,0 м³/с. На площади распространения карбонатных пород в районе месторождения формируется довольно крупный бассейн трещинно-карстовых подземных вод. Последние тесным образом связаны с поверхностными водами рек. В равнинной части, где известняки подгружаются под толщу горных пород более молодого возраста, образуется артезианский бассейн напорных вод.

До начала горных разработок в зоне перехода от предгорного склона к прилегающей равнине на некоторых участках подземные воды выходили на поверхность в виде крупных родников — Чага, Кушата, Котур-Булак, Атабай и др. (рис. 19). Дебит родников изменялся от 300 до 600—800 л/с.

На базе использования подземных вод крупных родников местным населением очень удачно было организо-

Рис. 19. График водоотбора и режим уровня подземных вод на водозаборном сооружении:
 1 — снижение уровня подземных вод; 2 — увеличение суммарного водоотбора



вано оазисное орошение на прилегающих землях, куда вода подавалась самотеком.

При проектировании горнорудного предприятия на Миргалимсае необходимо было решать по существу одновременно две проблемы: 1) централизованного водоснабжения будущего города и промышленного предприятия и 2) осушения месторождения, без которого нельзя было не только обеспечить выемку из недр руды, но и вообще пройти горноподготовительные работы.

Из опыта эксплуатации других месторождений полезных ископаемых, имеющих аналогичные природные условия, а также по результатам проведенных специальных исследований было установлено, что при промышленной обработке Миргалимсая придется проводить в большом объеме осушительные мероприятия, а общие водопритоки в систему горных выработок будут очень большими. По отдельным интервалам глубин отработки рудных тел суммарные водопритоки по прогнозу могут достигать 10—12 тыс. м³/ч, а по мере углубления шахт— 18—20 тыс. м³/ч. Такие крупные водопритоки в шахтах ранее не отмечались ни на одном руднике Советского Союза. Все это в значительной степени усложняло промышленную отработку Миргалимсайского месторождения.

В связи со сложностью природных условий и необходимостью комплексного решения водохозяйственных проблем на Миргалимсае были проведены дополнительные исследования. По результатам исследований было подготовлено к рассмотрению несколько проектных вариантов схем осушения месторождения и водоснабжения нового промышленного предприятия. Из всех вариантов наиболее приемлемым оказался проект, предусматривающий осушение месторождения системой подземных дренажных горных выработок и принятие всех водопритоков при осушении непосредственно на рабочие горизонты (по мере углубления шахт), с последующим использованием шахтных вод для водоснабжения и орошения.

С этой целью на дренирующих горизонтах в горных выработках основных шахт были установлены мощные насосы высокого подъема для откачки шахтных вод непосредственно на поверхность. Этим самым обеспечивались безопасные условия эксплуатации рудного объекта. Откачиваемую из шахт воду предусматривалось использовать для технического водоснабжения обогатительных фабрик, теплоэлектростанции, а также для орошения. Что же касается хозяйственно-питьевого водоснабжения, то эта проблема благоприятно решалась путем отдельного каптажа шахтных вод в специально пройденных подземных дренажных горных выработках, а также с помощью системы буровых скважин, пройденных с поверхности в долинах рек, выше горных разработок.

В соответствии с принятыми проектными проработками на Миргалимсайском месторождении была начата промышленная его отработка системой нескольких шахт.

Учитывая особо сложные природные условия Миргалимса, для обеспечения постоянного надзора за проходкой горных выработок и осуществления рационального использования ресурсов подземных вод на предприятии была организована постоянно действующая специальная гидрогеологическая служба.

За 35 лет эксплуатации месторождения отработка его достигла глубины примерно 660 м, а горизонтальные горные выработки получили свое развитие преимущественно в восточном и западном направлении (между реками Баялдыр и Кантаги). Максимальные суммарные водопритоки в горные выработки всех шахт были зафик-

сированы в 1973 г. и весной достигали 21,0 тыс. м³/ч, или около 6 м³/с. Это по существу целый расход реки. Глубокий дренаж горных выработок и значительное снижение уровней подземных вод привели к образованию в районе месторождения огромной по площади депрессионной поверхности.

В плане депрессионная воронка сниженных уровней подземных вод вытянута вдоль подножия хр. Каратау и с северо-запада на юго-восток протягивается примерно на 50 км.

Таким образом, влияние водоотлива на Миргалимсайских шахтах распространилось на большую площадь. В связи с этим все ранее известные на поверхности крупные родники были полностью сдrenированы горными разработками — родники Чага, Кушата, Котур-Булак, Атабай и др. Ритм оазисного орошения на базе использования родниковых вод, таким образом, был нарушен. Пришлось для нужд сельского хозяйства частично компенсировать воду путем отвода на поверхность шахтных вод, а также бурения новых специальных скважин. Однако по гипсометрическим условиям полностью вернуть воду для оазисного орошения не удалось.

На рудниках постоянно проводится большая работа, связанная с улучшением природной среды, нарушенной горными выработками. Чтобы предотвратить образование пыльных бурь, на хвостохранилище и прилегающей к нему территории была произведена массовая посадка кустарников и деревьев. Зеленая завеса полностью ликвидирует эрозионные процессы и в значительной степени оздоровит атмосферу вокруг города.

Город горняков в результате комплексного использования шахтных вод превращен в цветущий сад с прекрасными зелеными улицами, парками, садами и виноградниками. Ранее пустынный район, где осуществлялось только оазисное орошение вокруг родников, в результате хозяйственной деятельности человека преобразован в цветущий край.

В настоящее время на Миргалимсае продолжают специальные исследования с целью изыскания путей улучшения условий комплексного использования природных ресурсов, полного восстановления объема оазисного орошения и др.

Особенностью водохозяйственной деятельности человека в современную эпоху научно-технической революции является комплексное проявление процессов и воздействие их на природные условия больших территорий.

В связи с этим интересно рассмотреть результаты влияния на окружающую среду комплексного водохозяйственного строительства на примере территории Москвы.

В Москве комплекс водохозяйственных мероприятий имеет следующие сочетания:

1. Из недр земли отбирается значительное количество подземных вод для целей хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения;

2. Производится на сравнительно большой площади осушение верхних водоносных горизонтов в связи со строительством и эксплуатацией метрополитена.

3. Частично зарегулирован сток р. Москвы, построено в черте города относительно крупное Химкинское водохранилище, а также довольно крупный воднотранспортный канал Волга—Москва, который хвостовой частью вплотную подходит к черте города.

Подземные воды в Москве и прилегающей к нему территории — лесопаркового защитного пояса имеют довольно широкое распространение и играют существенную роль в развитии отдельных отраслей народного хозяйства.

Напомним читателю, что эта территория в гидрогеологическом отношении представляет центральную часть Московского артезианского бассейна. Основные продуктивные водоносные горизонты здесь приурочены к горным породам каменноугольного возраста, преимущественно известнякам.

Всего в центральной части Московского артезианского бассейна выделяется пять продуктивных напорных водоносных горизонтов. Общая мощность водовмещающих пород достигает 250—300 м. С поверхности водоносные известняки на глубине 50—100 м перекрываются более молодыми по возрасту рыхлыми породами, в том числе и глинами.

В настоящее время отбор подземных вод непосредственно в черте города производится системой буровых

скважин, которые располагаются группами — так называемые групповые водозаборы. Всего в Москве находится в эксплуатации более 400 скважин. Из этих скважин подземные воды используются отдельными предприятиями для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, а также для кондиционирования. Наибольшее количество эксплуатационных скважин пробурено в центральной, восточной и юго-восточной части города — Казанский вокзал, Черкизово—Измайлово, Останкинское шоссе, Павелецкий вокзал, Котлы—Коломенское, Люблино, Кусково, рабочий поселок автозавода им. Лихачева и др.

Современный суммарный отбор подземных вод из всех скважин в черте города составляет 500 тыс. м³/сут. (около 6 м³/с). Причем в период с 1955 по 1964 г. отмечается наиболее интенсифицированный отбор подземной воды. Поэтому суммарный дебит скважин увеличился в два раза по сравнению с предыдущим периодом.

В районах, прилегающих к городу (лесопарковый защитный пояс), находятся в эксплуатации 220 скважин. Они расположены преимущественно в городах-спутниках: Люберцах, Балашихе, Красногорске, Химках, Растиоргуево и др. Подземные воды в этих городах-спутниках используются главным образом для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Суммарный дебит всех скважин в 1964 г. составлял 280 тыс. м³/сут. Таким образом, в черте города и городах-спутниках суммарный отбор подземных вод составляет 780,0 тыс. м³/сут, или около 8,0 м³/с, что превышает расход р. Москвы в межень, выше города.

В связи с интенсивным отбором подземных вод на водоснабжение на площади всех водозаборов, особенно на крупных, отчетливо наблюдается заметное снижение уровней всех продуктивных горизонтов. На участках сосредоточенных водоотборов за время эксплуатации снижение напорных уровней достигает 80—90 м, на других водозаборах — до 50—75 м. На некоторых водозаборах напоры полностью сработаны и отмечается частичное осушение верхних продуктивных горизонтов. Происходит, таким образом, на некоторых водозаборах истощение запасов пресных подземных вод.

Несмотря на частичное истощение запасов, в целом по центральной части Московского артезианского бассей-

на представляется возможность существенно увеличить общий отбор подземных вод для нужд водоснабжения. Сущность идеи по увеличению отбора подземных вод состоит в более рациональном размещении по площади групповых водозаборных сооружений, с тем чтобы в значительной степени исключить их взаимное влияние. Именно в результате их близкого расположения друг от друга и взаимного влияния происходит снижение дебита скважин и напорных уровней.

По данным института ВСЕГИНГЕО и ВОДГЕО общие эксплуатационные запасы пресных подземных напорных горизонтов на территории г. Москвы и городов-спутников оцениваются в 1,1 млн. м³/сут, что в 1,5 раза превышает их общий современный отбор. В связи с такими потенциальными возможностями большое значение для народного хозяйства Москвы приобретает проблема рационального размещения по площади групповых водозаборов и выбора соответствующих объектов, водоснабжение которых целесообразно осуществить целиком за счет использования подземных вод. Такое предложение в настоящее время разработано с помощью современных аналогово-электронных машин, и оно постепенно будет претворяться в жизнь.

Таким образом, отбор подземных вод для нужд водоснабжения в отдельных объектах Москвы и лесопаркового защитного пояса может быть в значительной степени упорядочен путем рационального размещения по площади водозаборных скважин.

Однако в Москве, наряду с отбором пресных подземных вод для нужд водоснабжения, в больших масштабах осуществляется водопонижение с целью осушения при строительстве и эксплуатации подземных сооружений и прежде всего объектов метрополитена. Организации Метрострой и Управление Московского метрополитена в пределах города постоянно проводят откачку из скважин и подземных горных выработок грунтовых вод рыхлых отложений, залегающих вблизи поверхности, а также напорных вод, отмеченных выше продуктивных водоносных горизонтов. Наиболее интенсивно осушаются верхние водоносные горизонты.

На отдельных участках строительства метрополитена откачка подземных вод достигла 18—20 тыс. м³/сут. При этом уровень подземных вод понизился от 20 до 50 м.

Длительное осушение водоносных горизонтов в связи со строительством метрополитена и значительное снижение подземных вод на водозаборах оказали свое влияние на развитие новых инженерно-геологических процессов — деформации горных пород. Процессы эти проявлялись за счет уплотнения разделяющих слоев глин, осушенных песков, суглинков, а также упругого сжатия водовмещающих известняков.

В результате этого на территории Москвы стало отчетливо фиксироваться оседание поверхности земли, а также деформация отдельных поверхностных зданий и сооружений. Так, по данным А. И. Снобкова (1973 г.), в основании гостиницы «Москва» отмечается увеличение скорости осадки фундамента здания более чем в 1,5 раза, после того как на прилегающих участках Метростроем были проведены откачки подземных вод с целью осушения пород для строительства шахт метрополитена. Юрские глины, на которых возведено здание гостиницы, после осушения водоносных пород стали заметно уплотняться, и по этой причине произошло увеличение скорости осадки фундамента.

Откачка подземных вод и осушение водовмещающих пород на станциях метро по проспекту К. Маркса активизировали осадку зданий Библиотеки им. В. И. Ленина, гостиницы «Метрополь», здания Малого театра и др.

Очень интересные данные, подтверждающие площадной характер оседания поверхности, получены по району так называемой Замоскворецкой излуцины р. Москвы.

В период с 1936 по 1950 г. на территории Замоскворецкой излуцины произошло значительное оседание поверхности, охватившее площадь распространения террасовых отложений р. Москвы. Изучением было установлено, что деформация поверхности произошла в период строительства Замоскворецкого радиуса и южного участка кольцевой трассы метрополитена. В этот период Минстрой проводил наиболее интенсивную откачку подземных вод с целью осушения участка строительства метрополитена, а также продолжалась эксплуатация прилегающих водозаборных скважин для нужд водоснабжения.

Уровень грунтовых вод на участке строительства при осушении был снижен до 32 м, а пьезометрические напоры до 23 м. Под влиянием осушения в разрезе горных пород произошло уплотнение песков, консолидация глин

и упругое сжатие водоносных известняков. Эти процессы вызвали деформацию поверхности, причем наибольшая деформация была зафиксирована на площади Зацепского вала и 1-го Озерковского переулка.

В табл. 14 приводятся расчетные и фактические данные по оседанию поверхности на площади двух детально изученных участков (по данным А. И. Снобкова, 1973 г.).

Схематическая карта региональных вертикальных смещений поверхности территории излучины р. Москвы, произошедших под влиянием осушения безнапорных водоносных горизонтов и снижения уровней напорных вод, приводится на рис. 20.

Аналогичные вертикальные смещения поверхности были зафиксированы вдоль трассы метрополитена в районе улиц им. X-летия Октября — Усачева (32—38 мм), а также в районе Большой Пироговской улицы (18—20 мм).

Из приведенных данных видно, что большой комплекс водохозяйственного строительства (интенсивный отбор подземных вод для нужд водоснабжения и осушения территорий в связи со строительством подземных сооружений), осуществляемого постоянно в городе, может привести к серьезным вертикальным деформациям поверхности и отдельных сооружений.

Как показывает опыт других стран (Япония, Мексика и др.), длительный интенсифицированный отбор подземных вод, снятие гидростатических напоров и осушение водовмещающих горных пород может привести к значительным вертикальным смещениям поверхности и деформации не только отдельных сооружений, но и прежде всего всей подземной коммуникации (водонапорной и канализационной сети, сети электрических и телефонных кабелей и др.).

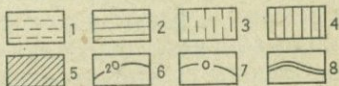
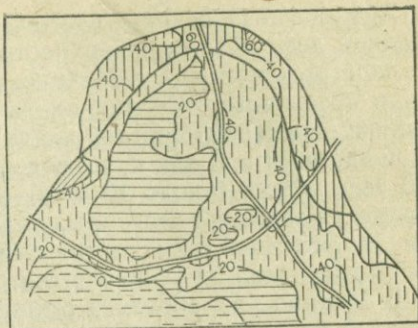
Таблица 14

Сопоставление расчетных и фактических (полученных по данным повторных нивелировок) данных вертикальной деформации поверхности восточной части Замоскворецкой излучины

Участок	Расчетные данные, мм	Фактические данные, мм
Площадь Зацепского вала	50	42—56
1-ый Озерковский переулок	23,6	21—26

Рис. 20. Схема вертикальных смещений в излучине р. Москвы:

1 — величина вертикальных смещений поверхности земли в пределах ошибок измерений; 2 — оседание поверхности до 20 мм; 3 — то же, от 20 до 40 мм; 4 — то же, от 40 до 60 мм; 5 — то же, от 60—80 мм; 6 — изолинии оседания поверхности; 7 — предполагаемые линии оседания поверхности; 8 — линия метрополитена



Такие деформации были зарегистрированы в Токио и других городах Японии. Максимальный суммарный отбор подземных вод в столице Японии отмечался в 1962—1963 гг. Он достигал 600—620 тыс. м³/сут (1,7 м³/с), при этом общее снижение напоров превысило 150 м. Интенсивный отбор подземных вод для нужд водоснабжения с постепенным нарастанием суммарной производительности эксплуатационных скважин и значительные снижения напоров привели к осушению водоносных песков, уплотнению глинистых разделяющих пород (главным образом за счет объемного сжатия) и заметной деформации поверхности. Наибольшая деформация была отмечена в восточной части Токио и в районе Комо (вертикальное смещение достигло 4 м). Общая площадь, охваченная заметной деформацией поверхности, в Токио превысила 300 км².

Выявленные закономерности в процессах оседания поверхности позволили японским специалистам разработать довольно эффективный способ борьбы с деформацией — путем регулирования отбираемого из скважин количества подземных вод. С этой целью в столице Японии и других городах был учрежден закон «Правило (контроль) отбора подземных вод». В результате принятых мер темпы оседания поверхности земли в городе заметно уменьшились.

Аналогичные довольно интенсивные процессы вертикальной деформации поверхности земли отмечаются и в столице Мексики — в г. Мехико, расположенном на площади артезианского бассейна в межгорной котловине Тескоко. На территории города за 90-летний период отбора подземных вод для нужд водоснабжения в количестве 820 тыс. м³/сут (около 10 м³/с) на 1960 г. оседание поверхности земли на некоторых участках города составило 7 м. В последнее десятилетие скорость оседания поверхности достигала 24—50 см в год.

В Мехико разработан и осуществляется план мероприятий по борьбе с вертикальной деформацией поверхности земли: а) регулирование отбора подземных вод на всех водозаборных сооружениях и б) нагнетание в водоносные породы сжатого воздуха для поддержания и восстановления пластового давления.

Как показывает опыт зарубежных стран, очень важно своевременно проводить на территории Москвы комплекс специальных стационарных наблюдений за режимом отбора подземных вод, режимом их уровней, изменением качества подземных вод и за деформацией поверхности с помощью геодезических и инженерно-геологических реперов. Полученная по результатам стационарных наблюдений комплексная информация может служить надежной основой для разработки в дальнейшем различных гидрогеологических прогнозов, в том числе с помощью современных электронно-вычислительных и аналоговых машин. Такой комплекс наблюдений в настоящее время проводится в Москве еще в недостаточном объеме. К сожалению, исследованиями охватывается пока не вся площадь города и прилегающих территорий, а также не все процессы переформирования природной среды изучаются в должной мере.

В Москве осуществлено еще одно крупное водохозяйственное мероприятие, которое может существенно оказать свое влияние на изменение режима окружающей среды обитания человека. Имеется в виду частичное регулирование стока р. Москвы в черте города, создание Химкинского водохранилища и воднотранспортного канала имени Москвы.

Нет сомнения в том, что водохозяйственные сооружения улучшили условия питания подземных вод верхних водоносных горизонтов города и прилегающих террито-

рий, а также внесли заметное изменение в структуру микроклимата. Созданы благоприятные предпосылки для искусственного восполнения эксплуатационных запасов подземных вод на некоторых действующих водозаборных сооружениях города и лесопарковой зоны путем нагнетания поверхностных вод, а также создания наиболее производительных так называемых инфильтрационных каптажных сооружений, которые можно располагать вблизи водохранилищ.

Следует, однако, отметить, что влияние частичного регулирования стока р. Москвы в черте города и строительства водохранилищ в лесопарковой зоне на режим окружающей среды пока изучены очень слабо. Поэтому отсутствуют конкретные данные, характеризующие те или иные изменения природных условий.

В связи с большим объемом различных видов водохозяйственного и промышленного строительства весьма остро стоит вопрос об изменении качества подземных вод г. Москвы и прилегающих городов-спутников. Наблюдениями было установлено, что на многих водозаборных скважинах по мере роста их производительности отмечается заметное увеличение содержания в подземных водах железа и фтора. Кроме того, на некоторых водозаборах происходит загрязнение подземных вод промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками. На территориях некоторых заводов и фабрик города допускается открытое скопление производственных отходов, отмечается утечка в водоносные горизонты загрязненных вод из производственных трубопроводов и канализации.

Из краткого обзора рассмотренных материалов следует, что комплексное строительство начинает оказывать свое существенное влияние на изменение режима окружающей среды Москвы и прилегающей территории. Намечаемое по перспективному плану дальнейшее увеличение объемов водохозяйственного строительства в нашей столице вызывает ускорение темпов этого влияния, что может оказаться неблагоприятным для развития народного хозяйства (истощение запасов подземных вод, ухудшение их качества, вертикальная деформация поверхности и др.).

Трудящиеся Москвы приняли на себя социалистическое обязательство—превратить столицу нашей родины в образцовый коммунистический город. Нет сомнения в

том, что принятые обязательства будут успешно выполнены. В реализации этого существенную роль будет играть план мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов, а также оздоровлению окружающей среды. Для разработки такого плана и прогнозной оценки возможного изменения и регулирования природных процессов имеются прочные научные основы, которые базируются на комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях.

СТРОИТЕЛЬСТВО КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ И ВЛИЯНИЕ ИХ НА РЕЖИМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Народнохозяйственное значение водохранилищ. В нашей стране в широких масштабах создаются на реках крупные водохранилища. Это осуществляется с целью регулирования многолетнего речного стока и строительства гидроэлектростанций.

Водные ресурсы нашей страны в их естественном строении не могут полностью обеспечить развитие производительных сил. Естественный сток рек очень неравномерный. Главная масса стока рек формируется в период весеннего половодья, вызывая нередко наводнения и причиняя тем самым большой ущерб народному хозяйству. В остальное время года расходы воды в реках резко уменьшаются, наступают меженные периоды и реки мелеют. В засушливых областях СССР некоторые реки в осенне-зимнее время полностью пересыхают. Совершенно очевидно, что при таких естественных колебаниях режима поверхностного стока эффективное использование водных ресурсов исключено. Для того чтобы повысить коэффициент использования в народном хозяйстве водных ресурсов, подчинить стихийное колебание речного стока человеку, необходимо искусственно регулировать поверхностный сток. С этой целью и создаются водохранилища на крупных реках. Если реки несут избыток воды (весенние паводки), то эти избытки накапливаются в чаше водохранилища. В период, когда количество воды в реках недостаточно для тех или иных нужд народного хозяйства, она используется за счет накопленных объемов в водохранилищах. Так с помощью сезонного или многолетнего регулирования поверхностного стока системой крупных водохранилищ можно повысить коэффи-

циент использования водных ресурсов от 15 до 25% естественного его объема и полностью исключить такое стихийное бедствие, как наводнение. Это обстоятельство имеет огромное значение для народного хозяйства.

Искусственное регулирование поверхностного стока с помощью водохранилища позволяет решать и другую важную задачу. Из крупных водохранилищ с помощью специальных каналов вода из бассейнов, обладающих избыточным стоком, может перебрасываться в те бассейны рек, где собственный сток является незначительным.

С помощью крупных водохранилищ можно решать еще одну очень важную народнохозяйственную задачу — строительство мощных гидроэлектростанций. Наконец, с помощью регулирования стока и современных технических средств (строительство рядом с плотиной шлюзовых транспортных каналов) можно коренным образом улучшить транспортные условия рек.

Таким образом, водохозяйственные мероприятия по гидротехническому строительству на крупных реках носят многоотраслевой характер. Комплексное гидротехническое строительство на крупных реках планомерно осуществляется в нашей стране в больших объемах. На многих крупных реках страны уже построен целый каскад водохранилищ многолетнего регулирования стока. Известен в этом отношении каскад водохранилищ с гидроэлектростанциями, построенными на Волге, — Волгоградское, Куйбышевское, Камское, Горьковское, Рыбинское, Угличское, Ивановское и Саратовское. Наиболее крупным из них является Куйбышевское водохранилище с гидроэлектростанцией им. В. И. Ленина. Площадь зеркала воды достигает здесь 6760 км², а емкость водохранилища превышает 50 км³. Это водохранилище позволяет управлять водными ресурсами реки, получать в большом количестве электроэнергию, обеспечивать необходимые условия для судоходства. В живописных местах Куйбышевского и Камского водохранилищ, на их берегах располагаются санатории, дома отдыха, а также туристские, спортивные, охотничьи и рыболовецкие базы.

В бассейне Днепра осуществлено строительство крупных водохранилищ и гидроэлектростанций: Каховская, Днепрогэс-1, Днепрогэс-2 и Кременчугское.

На сибирских реках возведены крупные гидротехнические сооружения (водохранилища и гидроэлектростан-

ции): 1) в бассейне р. Ангара — Иркутское, Братское, Усть-Илимское, Бачуганское (строящееся); 2) на р. Енисей — Красноярская и Саяно-Шушенская ГЭС. Эти крупнейшие водохозяйственные объекты способствуют быстрому развитию производительных сил Сибири.

Влияние водохранилищ на преобразования окружающей среды. Строительство и эксплуатация крупных гидротехнических сооружений и прежде всего водохранилищ приводит к весьма существенным изменениям общих природных условий: ландшафтных, микроклиматических, гидрологических, гидрогеологических и инженерно-геологических.

Возникают и активизируются новые ранее не существовавшие в этих местах процессы, воздействие которых нередко отрицательно сказывается на изменении окружающей среды, при этом часто в больших масштабах. Именно при осуществлении крупного гидротехнического строительства очень четко проявляются возникающие противоречия между развитием производительных сил и природными условиями.

Когда заполняется емкость водохранилища и затопляются огромные площади, на которых до строительства обычно располагаются естественные и культурные угодья (лесные массивы, земельные и кормовые участки и др.), населенные пункты и пути сообщения, то нарушаются исторически сложившиеся экономические связи целых районов.

Весьма существенное влияние оказывает водохранилище на изменение гидрогеологических условий не только территории строительства, но и примыкающих площадей, распространяясь нередко на несколько километров. В большинстве случаев под влиянием водохранилища происходит подпор грунтовых вод и, как следствие этого, подтопление прилегающей территории (рис. 21). В прибрежной части по этой причине уровни грунтовых вод близко поднимаются к поверхности, вызывая заболоченность земель. В засушливых зонах на этих участках, вследствие интенсивного испарения, происходит вторичное засоление почв.

В результате интенсивной боковой фильтрации воды из водохранилища в некоторых случаях в породах зоны аэрации может искусственно образоваться водоносный горизонт.

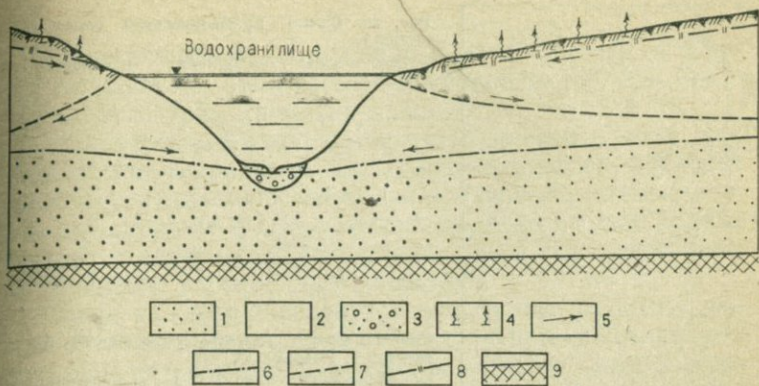


Рис. 21. Подпор грунтовых вод в зоне влияния водохранилища:

1 — водоносные пески; 2 — породы зоны аэрации; 3 — галечники; 4 — зона интенсивного испарения и заболоченности; 5 — направление стока; 6 — уровень грунтовых вод до строительства водохранилища; 7 — подпертый уровень грунтовых вод; 8 — зона капиллярного поднятия; 9 — водоупорные породы

Все эти гидрогеологические процессы проявляются в зоне влияния водохранилища не сразу после его заполнения, а в течение нескольких лет (как показывает опыт) примерно на протяжении первых 4—10 лет. Поэтому очень важными в этом отношении являются надежность и своевременность прогноза развития процессов подпора грунтовых вод и подтопления прибрежных территорий. В этом и состоит один из методов научного преобразования природных условий крупных территорий под влиянием водохозяйственного строительства. В этом отношении были своевременно решены проблемы борьбы с влиянием подпора и подтопления на Куйбышевском водохранилище.

Как показала прогнозная оценка возможного распространения подпора на Куйбышевском водохранилище, ряд существующих крупных городов и населенных пунктов должны оказаться в зоне влияния подпора (рис. 22). В связи с этим еще в период проектирования решался вопрос о создании вокруг таких городов и населенных пунктов инженерной защиты, в комплекс которой входило: 1) строительство земляных дамб с железобетонным покрытием, которые должны оградить территорию населенного пункта от подтопления; 2) организация горизонтального придамбового дренажа и отвод фильтрацион-

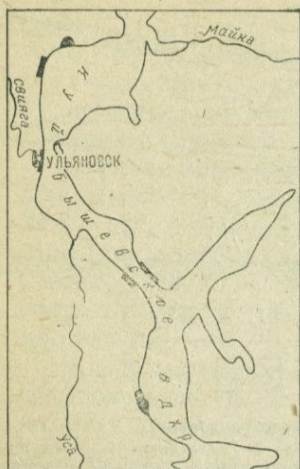
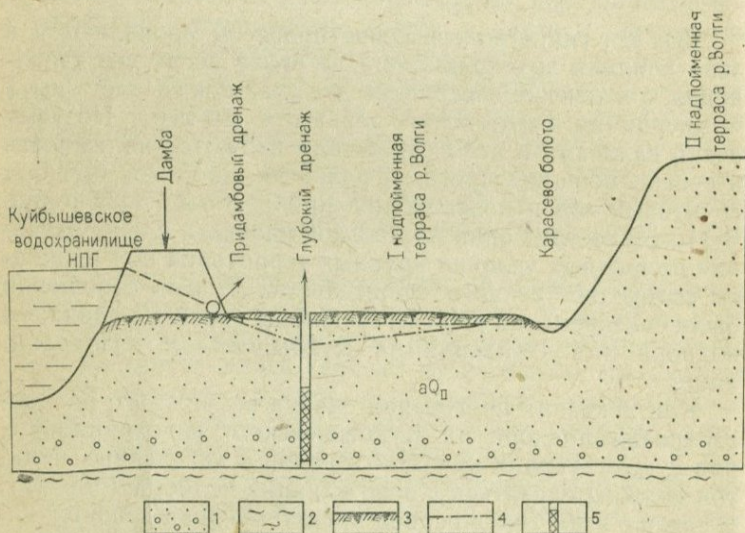


Рис. 22. Схема Куйбышевского водохранилища:

Залито — зоны затопления населенных пунктов

Рис. 23. Схема защиты сооружений За-волжья г. Ульяновска:

1 — водоносные породы; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — почвенный покров; 4 — депрессионная воронка сниженных уровней подземных вод; 5 — фильтрескважин глубокого дренажа



ных вод с помощью насосных станций в р. Волгу; 3) отвод и удаление дождевых вод, аккумулирующихся на площади защитной дамбы; 4) строительство вертикального дренажа для предотвращения подъема уровня грунтовых вод.

Такие защитные сооружения были построены в городах Ульяновске, Мелекесе (Димитровграде), Казани и других населенных пунктах (рис. 23).

Ошибочность прогнозов может привести к тому, что подтопление территории вокруг водохранилища захватит ранее неучитывавшиеся населенные пункты, промышленные предприятия и сельскохозяйственные угодья. В этих случаях следует применять специальные способы борьбы по осушению затопленных площадей.

Среди инженерно-геологических процессов, возникающих на водохранилищах, наиболее активными являются процессы интенсивной переработки берегов. Берега водохранилищ, построенных не в горных условиях, а в равнинной или степной зонах, являются наименее устойчивыми типами ландшафта. Поэтому разрушение берегов и образование береговых отмелей начинается в первый же период заполнения чаши водохранилища. Переработка берегов протекает под влиянием волновой энергии воды и оползневых процессов. Опыт эксплуатации построенных крупных водохранилищ (Куйбышевского, Днепровского и др.) показывает, что разрушение берегов может иногда продвинуться в глубь суши до 100—200 м. Эти процессы очень опасны для близко расположенных населенных пунктов.

Таким образом, в зоне влияния равнинных водохранилищ всегда возникает целый комплекс искусственно вызванных процессов, действие которых, если не применять защитных мер, может оказать отрицательное влияние на формирование окружающей среды. Однако, наряду с этим, при эксплуатации крупных водохранилищ и ирригационных каналов сказывается их весьма положительное влияние на окружающую среду. Особенно это характерно для крупных водохозяйственных объектов, построенных в степной или равнинной части нашей страны и приуроченных к аридному климату. Помимо огромного народнохозяйственного значения водохранилищ и крупных ирригационных каналов, о чем говорилось выше, открытые водоемы способствуют формированию довольно мягкого микроклимата.

Как показывает опыт, в прибрежных частях водохранилища можно организовать прекрасную зону для массового отдыха трудящихся. Такие зоны уже устроены на всех волжских водохранилищах. Трудящиеся столицы

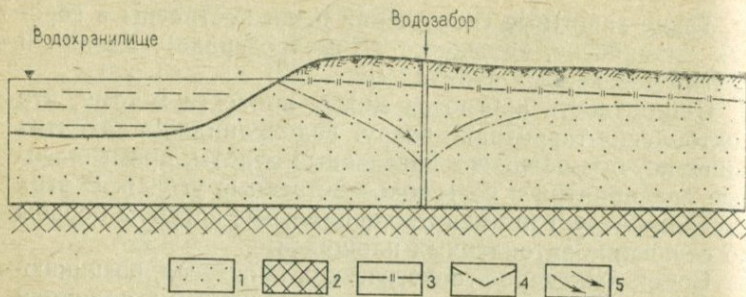


Рис. 24. Инфильтрационный водозабор в береговой части водохранилища: 1 — водоносные пески; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — депрессионная поверхность сниженных уровней грунтовых вод на водозаборном участке; 5 — направление движения грунтовых вод

Казахстана имеют хорошо организованную зону массового отдыха на Капчагайском водохранилище, построенном на р. Или. Вблизи Ташкента, на р. Ангрэн, построено крупное водохранилище (Ташкентское море), а на его берегах — спортивная база. Впервые в республиках Средней Азии на новых спортбазах водохранилища зародились парусный и лодочный виды спорта. Туркменский канал позволил в городах Мары, Байрам-Али и Ашхабаде построить зоны отдыха местного значения. Известны в этом отношении зоны отдыха, организованные под Москвой: на Клязьминском и Пестовском водохранилищах, вдоль канала им. Москвы и др.

В прибрежных частях водохранилищ в зоне подпора подземных вод нередко создаются весьма благоприятные гидрогеологические условия для строительства высокопроизводительных инфильтрационных водозаборных сооружений (рис. 24). На таких типах водозаборов подземных вод эксплуатационный дебит буровых скважин формируется главным образом за счет искусственного привлечения поверхностных вод путем береговой их инфильтрации из водохранилища. Дебиты инфильтрационных водозаборов могут быть значительными, вполне достаточными для централизованного водоснабжения крупных объектов. Вдоль ирригационных каналов под влиянием потерь поверхностных вод на донную и боковую фильтрацию в породах зоны аэрации образуются линзы пресных подземных вод. Ресурсы подземных вод так называемых приканальных линз используются для

целей хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов, расположенных вблизи канала.

В практике Советского Союза известны примеры использования благоприятных гидрогеологических условий на водохранилищах с целью организации хозяйственно-питьевого водоснабжения ряда городов, крупных рабочих поселков и других объектов (водоснабжение академгородка в Новосибирске, города автомобилестроителей Тольятти, Иркутска и др.). Рассмотрим влияние Каховского водохранилища на изменения природных условий прилегающих территорий и влияние этих изменений на окружающую среду. Река Днепр является основной водной артерией Украины. Поверхностный сток этой реки составляет около 80% всех ресурсов поверхностных вод республики. Учитывая весьма неравномерный режим стока Днепра (в паводок расход реки достигает 24 тыс. м³/с, а в межень — всего 300—400 м³/с), было принято решение зарегулировать многолетний сток рек системой крупных водохранилищ. К 1970 г. на реке было осуществлено строительство пяти крупных водохранилищ: Каховского, Днепровского, Днепродзержинского, Кременчугского и Киевского. В стадии строительства находится Каневское водохранилище. После строительства всего каскада водохранилищ площадь водной поверхности в долине Днепра увеличится более чем в десять раз (с 600 до 6900 км²). При этом полный объем воды в водохранилищах составит более 40 км³, а полезная их емкость будет превышать 20 км³.

Из всего каскада Каховское водохранилище является нижним. В длину зеркало воды распространяется на 220 км, захватывая территорию трех смежных областей Украинской ССР — Днепропетровскую, Запорожскую и Херсонскую. Из водохранилища берет свое начало крупный Северо-Крымский канал. Он несет воду в степной Крым и достроен теперь до г. Керчи. Строительство и эксплуатация Каховского водохранилища в равнинной части Украины вызвали коренное изменение природных условий с отрицательным и положительным его влиянием на окружающую среду довольно крупного по площади региона. Прежде всего стало проявляться влияние подпора грунтовых вод на различные сооружения и открытые месторождения полезных ископаемых. После строительства водохранилища в прибрежной зоне затопления,

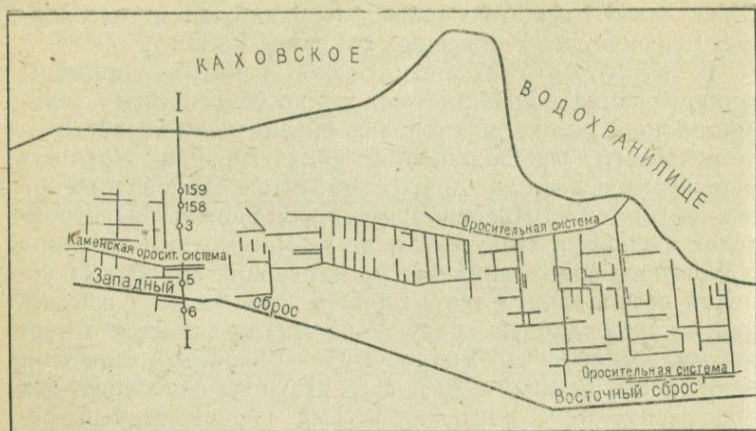


Рис. 25. Схема расположения орошаемого массива

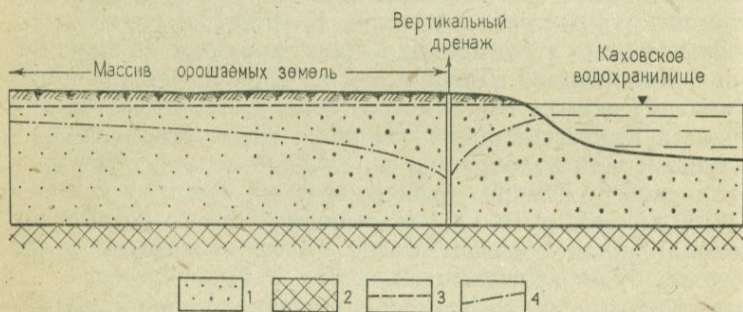


Рис. 26. Схема защитного дренажа:

1 — водоносные породы; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — депрессионная воронка, сформировавшаяся под влиянием работы вертикального дренажа

подтопления и берегообрушения Каховского водохранилища оказались не только города и крупные населенные пункты (Каховка, Никополь, Каменка-Днепровская, Марганец и др.), но и действующие оросительные системы (Каменская и Благовещенская), а также крупное марганцевое месторождение (рис. 25).

В связи с этим на указанных пунктах в зоне влияния водохранилища было осуществлено строительство крупных защитных инженерных сооружений — водоудерживающих дамб, противофильтрационных сооружений, вер-

тикальных дрен и пр. (рис. 26). Комплекс защитных сооружений позволил обеспечить бесперебойное дальнейшее развитие отдельных отраслей народного хозяйства на площади влияния водохранилища.

С вводом в эксплуатацию водохранилища и расширением оросительных систем повсеместно на полях орошения был зафиксирован подъем уровня грунтовых вод. Для защиты наиболее пониженной части орошаемого массива от затопления и подтопления были построены земляная дамба, дренажная завеса, а в прибрежном участке пробурены скважины вертикального дренажа. Кроме того, были сооружены магистральные сбросные каналы. Однако наблюдениями за режимом подземных вод и условиями эксплуатации оросительной системы было установлено, что намеченные защитные мероприятия на площади Каменского водохранилища не обеспечивают коренного улучшения мелиоративно-гидрогеологических условий. В связи с этим в центральной, наиболее пониженной части массива проектируется построить дополнительную систему скважинного вертикального дренажа.

На Каховском водохранилище наиболее интенсивно проявляются процессы по переработке берегов водохранилища под влиянием волновой абразии, оползневых и просадочных процессов. Участок, охваченный переформированием берегов, составляет по протяжению около 450 км. Интенсивность проявления процессов переработки берегов тесно связана с геологическим строением этих участков водохранилища. Так, например, на берегах водохранилища, сложенных мягкими рыхлыми лёссовидными породами, за период эксплуатации с 1956 по 1968 г. линейная величина переработки составила 157 м. Переработка берегов в таких геологических условиях происходит также под влиянием оползневых процессов.

Для принятия своевременных мер по защите действующих объектов от подтопления, подпора и переработки берегов и наблюдений за их эксплуатацией на Каховском водохранилище организовано специализированное Управление службы эксплуатации защитных сооружений. С целью предотвращения дальнейшего переформирования берегов в опасных для действующих объектов зонах службой принимаются специальные меры борьбы — крепление берегов методом каменной наброски.

Каховское водохранилище оказало весьма положительное влияние на коренное улучшение условий восполнения ресурсов подземных вод в зоне его действия. Это обстоятельство является весьма важным фактором для равнинной и степной зон Украины. На этой площади до строительства водохранилища формировались очень ограниченные ресурсы подземных вод, что сдерживало решение возникавших проблем крупного централизованного водоснабжения. Потери поверхностных вод на инфильтрацию из водохранилища, ирригационных каналов и оросительных систем в значительной мере улучшили питание известных в этой области Украины продуктивных водоносных горизонтов. Так, в пределах речных террас Днепра и прибрежной части г. Каменка-Днепровская эксплуатационные запасы подземных вод возросли в несколько раз. На участке междуречья Днепр-Молочная площадью около 22,0 тыс. км² в основном водоносном горизонте неогенового комплекса, по данным В. И. Лялько, естественные ресурсы в новых, преобразованных водохранилищем условиях увеличились более чем в три раза.

Благоприятные условия для накопления дополнительных запасов пресных подземных вод отмечаются и на площади междуречья Днепр-Ингулец, что очень важно для коренного улучшения условий водоснабжения различных объектов потребления большого экономического района Украины.

Большое и весьма положительное значение для народного хозяйства Украины имеет Северо-Крымский ирригационно-обводнительный канал. Пришла большая вода из Днепра в Степной Крым — очень крупный и весьма перспективный сельскохозяйственный район республики. В связи с этим Степной Крым преобразуется в крупный цветущий оазис сплошного поливного земледелия, садоводства и виноградарства. Вода Северо-Крымского канала позволила коренным образом улучшить водоснабжение городов-курортов Горного и Степного Крыма — Феодосии, Керчи и всего курортного побережья. Наконец, поверхностные воды канала могут быть эффективно использованы для целей искусственного восполнения эксплуатационных запасов подземных вод действующих в этом районе водозаборных сооружений. Дело в том, что до строительства Северо-Крымского канала в Степном

Крым единственным источником водоснабжения населенных пунктов и орошения земель были подземные воды. В связи с этим они довольно интенсивно отбирались системой многочисленных буровых скважин. Откачивалось воды больше, чем восполнялось естественным путем. На некоторых участках по этой причине начался процесс истощения ресурсов подземных вод, что является нарушением требований «Основ водного законодательства Союза ССР и союзных республик». Таким образом, с помощью нагнетательных скважин и использования Северо-Крымского канала представляется полная возможность не только восстановить, но и значительно улучшить условия восполнения запасов подземных вод.

Нет сомнения в том, что в ближайшее время в сфере влияния Каховского водохранилища и Северо-Крымского ирригационно-обводнительного канала с помощью инженерных сооружений будут устранены отрицательные воздействия некоторых гидрогеологических и инженерно-геологических процессов, и этот крупный экономический район Украины будет интенсивно развиваться на базе новых, преобразованных человеком природных условий.

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

«Орошение особенно важно, чтобы поднять земледелие и скотоводство во что бы то ни стало».
(Ленин В. И. Полн. собр. соч. т. 43, с. 199).

Значение мелиорации земли для народного хозяйства. Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правительство постоянно уделяют большое внимание экономическому подъему и дальнейшему развитию сельского хозяйства в нашей стране. По существу ускорение темпов развития сельского хозяйства СССР стало важнейшей общепартийной и общегосударственной задачей.

Мелиорация земель в этом отношении является одним из основных факторов в решении задач интенсификации и экономического стимулирования общего земледелия. В настоящее время признано, что мелиорация земель — это главное направление технического прогресса в сельском хозяйстве.

Почему в нашей стране так остро встал вопрос о мелиорации земель? Объясняется это несколькими причинами. Около 65% всей земледельческой территории Союза расположено в зонах недостаточного увлажнения, которые характеризуются тем, что вероятность сухих и сильно засушливых мест колеблется от 33% на севере страны до 70—80% — на юге. К указанной земледельческой территории относится более 64% пашни, 96% пахотно-пригодных земель, 48% — сенокосов, 78% сельскохозяйственных угодий и 92% пастбищ. Таким образом, значительная часть сельскохозяйственных угодий нашей страны располагается в районах, где природные плодородные почвы не могут быть эффективно использованы в сельскохозяйственном производстве из-за недостатка или избытка влаги. Обеспечить устойчивые и систематически высокие урожаи всех сельскохозяйственных культур в таких природных условиях без мелиорации земель невозможно.

Ряд сельскохозяйственных культур, таких как хлопок, рис, кенаф и другие, не могут выращиваться без мелиорации и прежде всего орошения. Пустынные пастбища, засоленные земли и другие по существу бросовые земли без мелиорации вообще не используются в сельском хозяйстве. Мелиорация земель предохраняет пашню от затопления и водной эрозии почв паводковыми водами, а также обеспечивает устойчивость высоких урожаев всех видов сельскохозяйственных культур.

Значительная часть сельскохозяйственных угодий нашей страны расположена главным образом в засушливых районах с острым недостатком влаги либо в районах, характеризующихся избытком влаги. Поэтому мелиорация земель осуществляется у нас в двух направлениях: искусственное орошение и искусственное осушение земель с комплексом агротехнических мероприятий.

Следовательно, мелиорация земель является тем решающим фактором, который должен обеспечить дальнейший рост производства сельскохозяйственной продукции и способствовать повышению жизненного уровня советского народа. В связи с огромным народнохозяйственным значением мелиорации земель в нашей стране уделяется большое внимание не только повышению эффективности уже освоенных земельных массивов под орошение и после осушения, но и дальнейшему освоению

новых сельскохозяйственных угодий. К 1970 г. площадь орошаемых земель в нашей стране достигла 10,7 млн. га (четвертое место в мире после Индии, США и Пакистана), а площадь осушенных земель под сельскохозяйственные угодья — 8,3 млн. га (второе место в мире после США). Площадь обводненных пастбищ равна 185 млн. га.

В настоящее время орошаемые земли освоены главным образом в республиках Средней Азии, Южном Казахстане, на юге Европейской части РСФСР, на юге Украины и на территории Кавказских республик. Что же касается осушения заболоченных территорий, то в этом направлении площадь освоенных ранее заболоченных земель расположена преимущественно в Прибалтийских республиках, Белорусском и Украинском Полесье, а также в Северо-Западной зоне РСФСР и на Дальнем Востоке.

В десятой пятилетке будет использовано под орошение 3 млн. га земель, проведено осушение заболоченных земель на площади 5 млн. га и обводнено пастбищных угодий около 41 млн. га.

В соответствии с перспективным планом предполагается удвоить площадь орошаемых земель в нашей стране, а также осушить заболоченные территории и обводнить пастбищные угодья.

Исходя из этих плановых заданий в нашей стране осуществляется большой объем водохозяйственного строительства.

Мелиорация земель способствует интенсификации сельского хозяйства.

В девятой пятилетке после ввода в эксплуатацию новых поливных земель будут достигнуты большие успехи в повышении урожайности основных сельскохозяйственных культур и в валовом их сборе.

Для выращивания сельскохозяйственных культур на поливных землях требуется значительное количество воды. Поэтому в нашей стране ведется крупное водохозяйственное строительство ирригационных систем, позволяющее в засушливые годы своевременно обеспечить подачу воды в необходимом количестве на поливные земли.

Поверхностные воды в этом отношении являются надежным источником орошения. Как отмечалось ранее,

регулирование стока, наряду с ирригацией, позволяет использовать «белый уголь» для строительства гидростанций. Оросительная система в целом представляет собой довольно сложный комплекс сооружений. На водосточнике обычно строится водозаборное сооружение, от которого берут свое начало магистральные ирригационные каналы, а от последних — более мелкая канальная сеть. На орошаемые площади вода, таким образом, поступает по каналам. С целью борьбы с процессами вторичного засоления почв на орошаемых землях в комплекс оросительной системы обязательно входят дренажная сеть и магистральные коллекторы для сброса дренажных вод за пределы орошаемого массива. Подача воды непосредственно на орошаемые участки производится по-разному, в зависимости от способов полива. При поверхностном способе полива вода подается к посевам с помощью бороздок. Поверхностный способ орошения посевных площадей применяется в нашей стране преимущественно в районах старого орошения. На рисовых оросительных системах используется поверхностный полив путем затопления рисовых карт. Наиболее прогрессивным способом полива является дождевание. С помощью специальных дождевальных машин вода на почву и растения подается сверху в виде искусственного дождя. При этом способе полива наиболее целесообразно подавать воду к дождевальным машинам с помощью закрытой сети трубопроводов. Этот способ является весьма экономичным и позволяет обеспечить рациональное использование влаги, полную механизацию и автоматизацию полива, а также равномерно распределять подачу влаги на площади посева.

Неотъемлемой частью орошения является промывка почв и искусственный дренаж орошаемых земель. Эти мероприятия необходимо осуществлять в связи с тем, что при любых способах полива посевных площадей вода расходуется не только на питание корневой системы растений, но и частично теряется на фильтрацию в глубину разреза орошаемых земель. Эта влага мигрирует вниз до зеркала грунтовых вод. Происходит, таким образом, во время поливов искусственное питание грунтовых вод, которое приводит к подъему их уровня очень близко и нередко до самой поверхности. Под влиянием потери влаги на испарение в почвах, а также в грунтовых водах

происходит накопление солей и вторичное засоление почв, что является весьма вредным для выращивания сельскохозяйственных культур.

Орошаемые земли, подверженные воздействию процессов вторичного засоления почв или заболоченности, по существу быстро выходят из общего севооборота и теряют свои ценные качества. Наиболее эффективным способом борьбы с процессами вторичного засоления почв и заболоченностью орошаемых земель является периодическая промывка поливными водами почв, а также искусственный дренаж. Различают два способа дренажа орошаемых массивов — вертикальный и горизонтальный (рис. 27). Применение того или другого способа дренажа обуславливается природными условиями орошаемой территории. Учитывая, что искусственный дренаж позволяет весьма эффективно вести борьбу с процессами вторичного засоления почв и заболоченности и, таким образом, обеспечивать полное использование орошаемого земельного фонда, в нашей стране действует законодательное требование, запрещающее проектировать, строить и эксплуатировать оросительные системы без применения дренажа.

Вторым очень важным направлением в мелиорации земель, как отмечалось выше, является осушение.

В нашей стране общий земельный фонд с избыточным и неустойчивым увлажнением составляет примерно 180 млн. га, в том числе 30—45 млн. га сельскохозяйственных угодий.

Избыточное и неустойчивое увлажнение почв всегда приводит к заболоченности территории. Освоение таких земель для сельскохозяйственных целей (посев культур, луговые угодья, садоводство и др.) и их обновление возможны только при условии постоянного осушения с помощью различных способов дренажа. Сущность осушительной мелиорации земель состоит в том, чтобы с помощью дренажных и регулирующих устройств обеспечить на обновляемых массивах двустороннее регулирование водного режима. Это позволит избежать переосушения почвы, поддерживать уровень грунтовых вод на оптимальной глубине и создать, таким образом, на осваиваемых землях осушительно-увлажнительные условия. Недопустимо при осушении с помощью дренажа слишком глубоко понижать уровень грунтовых вод (ни-

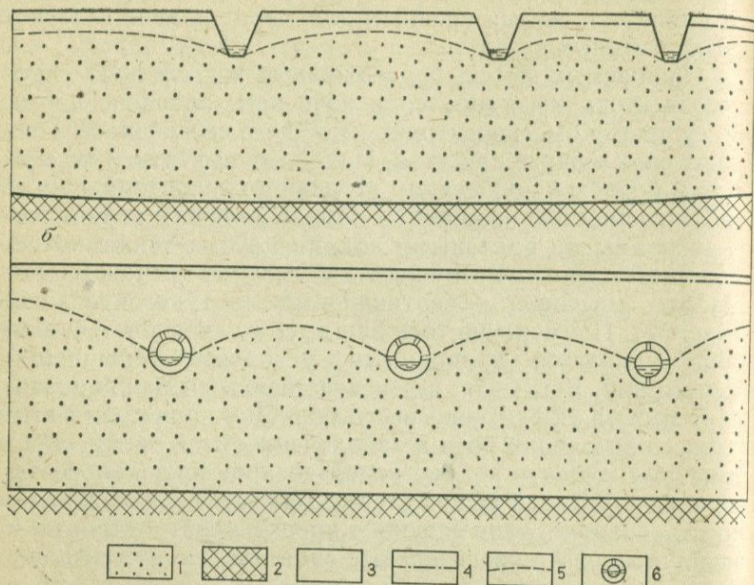


Рис. 27. Схема горизонтального дренажа на орошаемых массивах: а — открытые горизонтальные дрены; б — закрытый горизонтальный дренаж.

1 — водоносные пески; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — породы, осушенные под влиянием горизонтального дренажа; 4 — уровень грунтовых вод, близко залегающих от поверхности земли; 5 — депрессионный уровень грунтовых вод, сниженный под влиянием горизонтального дренажа; 6 — дренажные перфорированные трубы

же глубины питания корнеобитаемого слоя растений), это может привести к переосушению почв. С другой стороны, нельзя допускать и близкой от поверхности глубины залегания подземных вод, ибо это может вызвать повторное заболачивание территории.

При осушении земель главная задача состоит в том, чтобы на возрожденных площадях направленно регулировать осушительно-увлажнительный режим почв.

Итак, дорогой читатель, мы с Вами убедились в том, что мелиорация земель, будь то орошение в засушливых районах или осушение заболоченных территорий, требует осуществления большого комплекса водохозяйственных мероприятий. Опыт Советского Союза и зарубежных стран показывает, что длительная эксплуатация гидротехнических, ирригационных, оросительных и дренажных

сооружений, а также оросительных и осушительных систем всегда приводит к коренному нарушению исторически сложившихся естественных условий и оказывает свое существенное влияние на изменение микроклиматических, географических, мелиоративно-гидрогеологических и ландшафтных условий. По существу, под влиянием орошения и осушения происходит коренное преобразование территории.

Отличительная черта водохозяйственного строительства для целей мелиорации земель заключается в том, что степень его влияния на окружающую среду охватывает огромную площадь. Это региональное влияние и характеризует некоторые особенности в изменении природных условий в районах мелиорации земель. Для того чтобы судить о масштабах влияния орошения на окружающую среду, приведем некоторые данные по крупным наиболее типичным отдельным орошаемым районам Советского Союза — Голодной и Каршинской степям в Узбекистане и Кура-Араксинской низменности — основному сельскохозяйственному району Азербайджанской ССР. (табл. 15).

Таблица 15

Характеристика площадей орошения

Район орошения	Площадь орошения, тыс. га	Водозабор воды на орошение, м ³ /с	Срок соленых вод из дренажных систем, м ³ /с
Голодная степь	504	150	50
Кура-Араксинская низменность	550	180	90

Интересно сравнить общие площади орошения некоторых республик нашей страны, чтобы представить масштабы воздействия на природное равновесие. В Узбекистане общая площадь орошаемых земель составляет около 3 млн. га, а отбор воды на орошение в среднем за год достигает 1370 м³/с, на территории Таджикистана — более 0,50 млн. га с общим отбором на орошение 200 м³/с, в Туркмении — 0,650 млн. га и отбором воды 230 м³/с. Небезынтересно привести данные по общему водопотреблению в сельском хозяйстве. Всего на орошение общей пло-

щадя и другие цели в сельском хозяйстве отбирается поверхностных и подземных вод в количестве не менее 5000 м³/с. Приведенные данные по площадям орошения и общему водопотреблению помогают судить о масштабах влияния орошения на изменение природной среды и ее преобразование.

Какие же возникают при этом изменения в региональном плане? Прежде всего коренным образом меняется режим поверхностного стока рек не только на площади орошения, но и на прилегающей территории. В связи с возросшим забором воды на орошение на реках часто осуществляется регулирование годового или многолетнего стока системой водохранилищ. Там, где сток на реках не зарегулирован, в вегетационный период поверхностные воды рек полностью разбираются на орошение с помощью магистральных ирригационных каналов. Поскольку в речных долинах очень часто стоки поверхностных и подземных вод тесно связаны между собой, нарушается, таким образом, и режим подземного стока. Формируется в связи с этим в районах орошения новая структура баланса водных ресурсов.

Вторым очень существенным фактором регионального воздействия орошения на окружающую среду является подъем уровня грунтовых вод на орошаемых землях к поверхности земли. Такой подъем происходит за счет потерь воды из каналов и с орошаемых площадей. Вследствие этого, как отмечалось выше, возникают процессы вторичного засоления почвогрунтов или заболоченность территории. По этой причине часть пахотной земли в оросительной системе может выйти из общей системы севооборота. Третьим фактором, оказывающим большое влияние на природную обстановку при орошении, является региональное химическое загрязнение подземных вод под влиянием интенсивного удобрения орошаемых земель. Органические и неорганические удобрения, которые вносятся в почву на полях орошения в распыленном виде, растворяются в поливной или дождевой воде. Часть этих удобрений идет на питание корневой системы сельскохозяйственных культур, а часть вместе с растворителем фильтруется вниз до уровня грунтовых вод и попадает в открытую речную сеть. Таким путем на большой площади происходит загрязнение грунтовых и поверхностных вод. Не меньшее влияние на степень регионального

загрязнения грунтовых вод оказывает применение на сельскохозяйственных угодьях химических препаратов (различных гербицидов) для защиты растений от вредителей, а также борьбы с сорняками.

Исследования показали, что гербициды являются не только токсичными, но и стойкими препаратами. Они слабо окисляются и, следовательно, слабо разрушаются. Проникновение ядохимикатов тем или иным путем в зону полного насыщения горных пород загрязняет подземные воды. Их содержание в подземных водах, особенно если последние используются как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения, является нежелательным.

Ветровая эрозия, периодически разрушая почвы, захватывает с орошаемых земель и других сельскохозяйственных угодий химические удобрения, загрязняя таким образом воздушное пространство. Очень тревожные данные в этом отношении приводит А. П. Виноградов. За 25 лет использования гербицидов во всех странах мира было израсходовано около 1,5 млн. т препарата ДДТ. Как показали исследования, две трети ранее рассеянного на Земле вещества ДДТ до сих пор не разрушилось и сохранилось в почвах, растениях и водах. Препарат обнаружен в ягодах, фруктах и, что самое удивительное, в печени пингвинов.

В нашей стране запрещено массовое применение препарата ДДТ в сельском хозяйстве в связи с его вредными последствиями. Принимаются меры к разработке новых нестойких химических препаратов, применение которых не вносило бы загрязнений в окружающую среду.

Наряду с загрязнением на орошаемой территории довольно отчетливо происходит изменение химического состава подземных вод и их общей минерализации. Рост минерализации грунтовых вод при орошении происходит под влиянием процессов их испарения, когда вследствие общего подъема уровня зеркало воды находится в пределах так называемой критической глубины (на глубине формирования зоны капиллярного подъема и влияния испарения с поверхности). Как отмечалось ранее, этот процесс приводит также и ко вторичному засолению почвогрунтов. При этом соленакопление в грунтах наблюдается не только на поверхности, но и на глубине в горных породах зоны аэрации предопределяя свое влияние

на изменение химического состава грунтовых вод. Таким образом, влияние мелиорации земель на региональное загрязнение подземных и поверхностных вод, как отрицательный фактор, создает реальную угрозу качественного истощения водных ресурсов. Это положение является очень важным и требует принятия мер с целью сохранения и более рационального использования ресурсов пресных поверхностных и подземных вод.

Изменения в региональном плане окружающей среды отчетливо проявляются и при осушительных работах на заболоченных территориях. Осушение болот прежде всего оказывает свое влияние на изменение речного стока. М. И. Львович в связи с этим отмечает, что осушение заболоченных земель при отсутствии на их площади торфяной залежи может привести к уменьшению паводкового и полного стока рек. Изменения режима речного стока окажет свое влияние и на его использование для различных нужд народного хозяйства.

На площади торфяных болот при их осушении наблюдаются довольно значительные изменения в региональном плане водно-физических свойств торфогрунтов. Осушенный торф дает осадку поверхности. По опубликованным данным, осадки торфа при осушении составляют до 0,5—1, реже 2—5 см. Так, например, на Минской болотной станции за 46 лет осушения опытного участка уплотнение торфяного грунта достигло 23 см.

Уплотнение торфа на осушенных участках происходит также в результате разрушения органического вещества аэробными микроорганизмами. Изменяется после осушения и объемная масса торфа. По данным В. С. Маслова, эти изменения приводят к увеличению объемной массы торфа в 2,8—2,9 раза. На осушенных площадях отмечается также ухудшение водонепроницаемости торфа. Как показывает опыт, чрезмерное осушение торфа может привести к самовозгоранию торфяников в жаркие дни засушливого года, ликвидация которого является делом очень сложным. В летние месяцы возникают также торфяные бури за счет ветровой эрозии и чрезмерного пересушения торфяников. Именно поэтому, как отмечалось выше, при осушении заболоченных территорий крайне необходимо направленно регулировать осушительно-увлажнительный режим на возрождаемых землях.

При мелиорации земель в региональном плане могут возникать процессы водной ветровой эрозии почв. Процессы эти приводят не только к смыву и миграции частиц почвенного покрова (действия песчаных и торфяных бурь, размыв почв поверхностными водами и др.), но и к изменению его структуры, что очень важно для оценки урожайности.

Поэтому борьба с эрозией почв при эксплуатации водохозяйственных объектов в сельском хозяйстве имеет большое значение.

Таким образом, при орошении и осушении земель возникает ряд геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических процессов, проявление которых в региональном плане отрицательно влияет на изменения окружающей среды.

Главная гидрогеологическая задача водохозяйственного освоения новых территорий в этом отношении состоит в том, чтобы разработать для каждого конкретного района прогнозную оценку развития процессов, наметить меры борьбы с отрицательным их воздействием на преобразование природных условий и своевременно осуществить инженерные мероприятия по их предотвращению.

Орошение и осушение земель по своему воздействию на преобразования природных условий является комплексным. Водохозяйственное строительство в этом направлении привлекает внимание многих наук — географии, почвоведения, гидротехники, гидрогеологии, гидрологии, инженерной геологии и др. Объясняется это тем, что различные процессы тесно связаны между собой и взаимно обуславливают друг друга. Практика показывает, что в каждом конкретном случае при освоении новых земель под орошение или осушение всегда требуется разработка комплексного научного обоснования. Только при этих условиях можно предотвратить отрицательное влияние некоторых процессов при мелиорации земель на окружающую среду. Гидрогеологические условия орошения и осушения земель являются, следовательно, составной частью общих научных основ рационального комплексного использования природных ресурсов.



РЕСУРСЫ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

«Вода является самым ценным
полезным ископаемым».

А. П. Карпинский

Подземные воды являются одним из решающих факторов в развитии производительных сил нашей страны. Значение их в народном хозяйстве трудно переоценить. Чтобы правильно планировать использование подземных вод, необходимо знать их общее количество и закономерности размещения ресурсов на территории СССР.

В связи с этим в нашей стране большим коллективом специалистов и ученых были выполнены специальные исследования для определения общего количества естественных ресурсов пресных подземных вод. Такое исследование в мировой практике было проведено впервые. Что нужно понимать под естественными ресурсами пресных подземных вод? Выше отмечалось, что в процессе круговорота влаги на поверхность суши выпадают атмосферные осадки в виде дождя, снега и града. Часть выпавших осадков стекает по уклону поверхности в реки, озера, образуя поверхностный сток; часть осадков (особенно в летнее время) испаряется и вновь возвращается в атмосферу. Наконец, третья часть атмосферных осадков фильтруется в почву и, мигрируя в горных породах зоны аэрации вниз, достигает уровня подземных вод, ежегодно пополняя таким образом ранее накопленное их количество в пластах. Затем под влиянием дренирующего дей-

ствия речной сети поток подземных вод стекает в реки, образуя так называемый устойчивый подземный сток. Последний, таким образом, характеризует ту величину, которая составляет ежегодное питание подземных вод. Это количество подземных вод, образующихся в верхней части земной коры путем ежегодного питания, называется естественными ресурсами.

Естественные ресурсы водоносных горизонтов расходуется на подземный сток, а также на испарение. Подземный сток в реки может быть охарактеризован величиной так называемого модуля подземного стока, т. е. количеством воды, которая поступает в реки с единицы площади распространения водоносного горизонта. По мнению Б. И. Куделина, возглавлявшего в нашей стране исследования по изучению подземного стока, на условия формирования естественных ресурсов подземных вод в том или ином районе влияют следующие факторы: климат, рельеф, степень расчленения рельефа, а также структурно-гидрогеологические условия. Все эти факторы действуют в тесном взаимодействии.

Климат в условиях формирования количественных категорий устойчивого подземного стока в нашей стране определяет широтную зональность. По мнению Б. И. Куделина, «Это вполне закономерно, если учесть, что величина питания подземных вод определяется в первую очередь количеством выпадающих атмосферных осадков, распределение которых на территории СССР подчиняется географической зональности» [21]. Так, например, количество выпадающих атмосферных осадков и величина модуля подземного стока в пределах европейской части Союза закономерно уменьшаются с севера на юг. В северных районах и районах Прибалтики модуль подземного стока довольно большой и варьирует от 4 до 6 л/с с 1 км² площади распространения дренируемых водоносных горизонтов; в степных районах юга Украины и южных районах РСФСР значения модуля резко снижаются — до десятых долей литров в секунду. Количество выпадающих осадков в том же направлении изменяется от 600—700 до 200—300 мм в год. Такая же широтная географическая зональность в формировании подземного стока отмечается и на большой площади Западной Сибири. На этой территории с севера на юг под влиянием климатических факторов закономерно происходит умень-

шение величины модулей подземного стока с 2,5—3 л/с с площади 1 км² в районе Обской губы и Енисейского залива до 0,3—0,5 л/с с 1 км² в Кулундинской и Барабинской степях и южных районах, примыкающих к Казахстану.

В горных районах Урала, Средней Азии, Казахстана и Восточной Сибири в формировании подземного стока наблюдается не горизонтальная, а вертикальная зональность. В зависимости от абсолютных отметок рельефа горных сооружений четко отмечается закономерное распределение выпадающих атмосферных осадков — максимальное их количество в высоких частях горных районов и постепенное уменьшение к низкогорьям и прилегающим равнинам.

В горных районах на формировании подземного стока наиболее четко сказываются рельефные условия. Здесь, как всегда, отмечается очень глубокое расчленение поверхности горных сооружений: значительные уклоны рек и большая крутизна склонов речных долин. Все это обуславливает интенсивное дренирование поверхностного и подземного стоков.

По данным Б. И. Куделина, с увеличением абсолютных отметок рельефа в речных долинах повышается значение модуля подземного стока. Так, климатические условия и в первую очередь количество ежегодно выпадающих атмосферных осадков, а также рельеф строго предопределяют значение модуля подземного стока, а следовательно, величину естественных запасов подземных вод.

В формировании естественных ресурсов пресных подземных вод большую роль играют и структурно-гидрогеологические условия. Очень важными факторами при этом являются геологическое строение района и литологический состав (песчаники, известняки, граниты и др.) водовмещающих горных пород.

Так, наибольшими естественными ресурсами подземных вод обладают геологические структуры, приуроченные к предгорным и межгорным впадинам, выполненным галечниковыми образованиями. Наиболее благоприятные условия для накопления естественных ресурсов подземных вод имеют так называемые предгорные шлейфы, в геологическом строении которых также принимают участие рыхлые песчано-галечниковые отложения. Породы

эти обладают хорошими водопроницаемыми свойствами (пористость пород заполняется водой), поэтому выпадающие атмосферные осадки на их поверхности хорошо просачиваются. В связи с этим в предгорных шлейфах модули подземного стока достигают больших значений — до десятков литров в секунду с 1 км^2 площади распространения песчано-галечниковых отложений.

На формирование подземного стока оказывает влияние литологический состав коренных пород. Показатели в этом отношении — карбонатные породы (известняки, мраморы, доломиты), обладающие способностью к образованию крупных трещин и карстовых полостей. Атмосферные осадки, выпадающие на площади закарстованных карбонатных пород, почти полностью проникают в глубь массива (происходит процесс инфлюации — просачивания) и расходуются на формирование подземного стока. В связи с этим в речных долинах, разработанных в карбонатных породах, отмечается значительная обводненность, и модули подземного стока достигают здесь больших значений — $10\text{—}12 \text{ л/с}$ с площади 1 км^2 распространения закарстованных пород (например, бассейны рек Шугора, Вишеры, Косьвы и других — на западном склоне Урала; рек Сосьвы, Ваграи и Ая — на восточном склоне Урала). Аналогичные процессы формирования подземного стока в карбонатных закарстованных породах отмечаются и в районах Горного Крыма.

В гумидной полосе СССР, где выпадает много атмосферных осадков, в краевых зонах крупных артезианских бассейнов (это основная область питания подземных вод) также отмечаются благоприятные условия для формирования значительных естественных ресурсов подземных вод. Модуль подземного стока в этих зонах достигает 3 л/с с 1 км^2 .

На площади развития аридной зоны в нашей стране климатические и структурно-гидрогеологические условия накопления естественных ресурсов подземных вод являются менее благоприятными (количество выпадающих атмосферных осадков невелико, а испарение их — большое). В этих районах на площади артезианских бассейнов модуль подземного стока не превышает 1 л/с с площади 1 км^2 .

В Восточной Сибири, на Крайнем Севере и на Северо-Востоке нашей страны большое влияние на образование

естественных ресурсов пресных подземных вод оказывает развитие многолетнемерзлых пород, в которых воды находятся в твердом состоянии. Мощность этих пород здесь достигает 200—500 и реже более 1000 м.

Наличие широко распространенной многолетней мерзлоты в значительной степени ухудшает питание подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков. Мерзлые горные породы практически являются водонепроницаемыми. Именно поэтому в области широкого распространения многолетнемерзлых пород модуль подземного стока характеризуется весьма малыми значениями — всего десятыми долями литров в секунду с 1 км² площади; в отдельных районах подземный сток в реки полностью отсутствует.

По результатам выявленных закономерностей в формировании подземного стока в различных природных условиях нашей страны была произведена оценка общих естественных ресурсов пресных подземных вод в целом по всей площади СССР, а также по отдельным союзным республикам.

Приведенные следующие значения естественных ресурсов (м³/с) характеризуют их среднемноголетнее количество:

РСФСР	25 000	Грузинская ССР	620
Украинская ССР	3 600	Армянская ССР	150
Белорусская ССР	420	Казахская ССР	2100
Молдавская ССР	10	Узбекская ССР	1200
Литовская ССР	130	Туркменская ССР	5
Латвийская ССР	140	Киргизская ССР	1800
Эстонская ССР	120	Таджикская ССР	700
Азербайджанская ССР	90		

Из этих данных видно, что в целом на площади Советского Союза формируются довольно значительные естественные ресурсы пресных подземных вод в количестве 32 920 м³/с, что составляет около 25% от всего суммарного речного стока нашей страны.

Вместе с тем приведенные данные показывают, что естественные ресурсы подземных вод, накапливаясь в верхней части земной коры и находящиеся в сфере дренирующего влияния речной сети, распространены на территории СССР чрезвычайно неравномерно. Так, например, на площади Российской Федерации формируется наибольшее количество естественных ресурсов — более 70% от общих их значений. При этом неравномерность

отмечается и по площади каждой союзной республики. В той же РСФСР основные ресурсы распространены на площади Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока в количестве 19 100 м³/с. Именно в этих областях сосредоточены основные ресурсы поверхностных вод по крупнейшим бассейнам рек страны — Оби, Енисею, Лене, Амуру и др.

На площади европейской части РСФСР общее количество естественных ресурсов пресных подземных вод составляет всего 24% от общего их значения в целом по республике, т. е. 5900 м³/с.

Относительно крупные естественные ресурсы пресных подземных вод формируются на территории Узбекистана, Таджикистана, Киргизии и Казахстана.

Однако на площади каждой из перечисленных республик очень четко проявляется закон неравномерности формирования устойчивого подземного стока. Так, например, в Казахстане основные естественные ресурсы распространены в северо-восточной и южной частях республики. Острый дефицит влаги ощущается в районах Центрального и Западного Казахстана. Именно поэтому было принято и претворено в жизнь решение о переброске части поверхностного стока из северо-восточной части республики в районы Центрального Казахстана (имеется в виду переброска вод по Иртышскому каналу).

На площади Узбекистана основные естественные ресурсы пресных подземных вод формируются в бассейнах рек Чирчик, Ангрэн, Сырдарья, Сурхандарья и Зеравшана. На площади Западного равнинно-степного Узбекистана отмечается весьма незначительное количество естественных ресурсов. Равномерность распределения водных ресурсов в республике осуществлена путем искусственного преобразования речного стока с помощью системы крупных ирригационно-обводнительных каналов: Большой Южный и Северный Ферганский, Голодно-степский, Каршинский, Ташкентский и др.

Неравномерное распределение естественных ресурсов подземных вод отмечается и на площади Украинской ССР, где на территории южных районов ощущается их острый недостаток.

Более равномерно пресные подземные воды распространены по площади Прибалтийских республик и Белорусской ССР.

Как видно из краткой характеристики природных условий формирования и количественной оценки, естественные ресурсы пресных подземных вод характеризуют общее богатство нашей страны, дают представления об их неравномерном распределении по площади и предельной возможности практического их использования. Однако приведенных данных еще недостаточно для того, чтобы оценить их использование на конкретных объектах потребления.

Для решения конкретных проблем централизованного водоснабжения за счет использования подземных вод в нашей стране принято понятие — эксплуатационные запасы подземных вод. Оно широко внедрено в практику и признано в официальных государственных документах.

Эксплуатационные запасы — это то количество подземных вод, которые можно извлечь из недр продуктивного водоносного горизонта рациональным способом каптажа; при этом на весь заданный срок амортизации водозабора необходимо обеспечить соответствующее качество воды, отвечающее требованиям действующих Государственных стандартов (ГОСТов по качеству питьевой воды). В упрощенном виде можно сказать, что эксплуатационные запасы подземных вод — это постоянный дебит водозаборных скважин, заданных в конкретных условиях для обеспечения конкретного потребителя на заданный срок эксплуатации.

В связи с этим возникает вопрос — каково соотношение естественных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод?

Дебит водозаборных скважин обычно складывается из естественных ресурсов подземных вод (их ежегодного питания), емкостных запасов (объем воды, заполняющей в породах открытые поры и трещины) и так называемых привлекаемых запасов.

Привлекаемые запасы образуются непосредственно на участках водозабора, когда в процессе эксплуатации в скважинах понижается уровень подземных вод и происходит фильтрация воды из реки, озера, водохранилища, или перетекание подземных вод из смежных водоносных горизонтов.

Учитывая это обстоятельство, для достоверной оценки эксплуатационных возможностей того или иного продуктивного горизонта очень важно знать все перечислен-

ные источники, которые формируют дебит водозаборных скважин.

В определенных гидрогеологических условиях, когда отсутствует возможность привлечения дополнительных запасов при эксплуатации водозабора, дебит скважин должен быть либо равен, либо меньше значений естественных ресурсов. В противном случае начнется истощение продуктивного горизонта. Однако когда имеются условия для привлечения запасов, например путем инфильтрации поверхностных вод, эксплуатационный дебит водозаборных скважин может быть намного больше естественных ресурсов продуктивного водоносного горизонта.

Учитывая сложившиеся в СССР определенные условия и требования к проектированию водозаборных сооружений для питьевого коммунального водоснабжения, была произведена оценка прогнозных (предполагаемых) эксплуатационных запасов подземных вод.

По результатам обобщения и анализа большого фактического материала многолетних гидрогеологических исследований институтом ВСЕГИНГЕО при участии всех геологических управлений и Министерства геологии СССР была составлена сводная карта модулей (прогнозных эксплуатационных запасов подземных вод). Эта карта позволяет произвести сравнительную оценку степени водообильности основных продуктивных водоносных горизонтов, распространенных в различных геологических структурах нашей страны.

Что следует понимать под модулем эксплуатационных запасов подземных вод? Это то максимально возможное количество подземных вод, выраженное единицей объема в единицу времени (например, в литрах в секунду), которое предположительно можно отобрать с единицы площади распространения продуктивного горизонта при заранее обеспеченных условиях эксплуатации водозаборов (допустимых понижениях уровня подземных вод и расчетном стоке отбора). Модуль эксплуатационных прогнозных запасов обычно выражается в л/с с площади 1 км².

Значение модуля эксплуатационных запасов подземных вод можно получить для любого продуктивного водоносного горизонта. Для этого необходимо в контуре горизонта разместить по определенной системе (например, в шахматном порядке) проектируемые водозаборные

сооружения с допустимой величиной понижения уровня и заданным дебитом. Путем деления суммарного дебита всех запроектированных водозаборов на общую площадь распространения водоносного горизонта можно получить значения модуля эксплуатационных запасов подземных вод.

Таким путем была изучена значительная часть территории Советского Союза и определены значения модуля эксплуатационных запасов для всех основных продуктивных горизонтов.

В табл. 16 приводятся данные, характеризующие значения прогнозных эксплуатационных запасов подземных вод в целом по всей стране, а также по площади союзных

Таблица 16

Прогнозные естественные ресурсы и эксплуатационные запасы пресных подземных вод СССР, м³/с

Республика	Естественные ресурсы	Прогнозные эксплуатационные запасы
РСФСР	25 000	5 700
Украинская	3 600	500
Белорусская	420	512
Казахская	2 100	1 480
Грузинская	620	50
Азербайджанская	90	124
Литовская	130	30
Латвийская	140	70
Эстонская	120	70
Молдавская	10	8
Узбекская	1 200	920
Киргизская	1 800	630
Таджикская	700	130
Армянская	150	50
Туркменская	5	25
СССР	36 085	10 299

республик. Для сравнения в таблице приведены также сведения по естественным ресурсам.

Приведенные данные характеризуют ежегодно возобновляемые ресурсы пресных подземных вод, что очень важно для решения задач по водоснабжению объектов. Только небольшая часть (0,2%) от общей величины является практически не возобновляемой. Эти ресурсы на-

капливаются в закрытых гидрогеологических структурах пустынных районов Узбекистана, Казахстана и Туркмении.

Из данных таблицы можно проследить большую разницу между естественными и прогнозными эксплуатационными ресурсами подземных вод на территории РСФСР. Объясняется это тем, что некоторые восточные и северные области Российской Федерации имеют слабую гидрогеологическую изученность. Поэтому по площади этих областей количественная оценка прогнозных эксплуатационных запасов не производилась. В общем количестве эксплуатационных запасов подземных вод, приведенных в табл. 16, не учтены также ресурсы горных районов нашей страны, а также ресурсы подземных вод речных долин, имеющих довольно широкое распространение.

Таким образом, эти данные не полностью отражают потенциальные возможности и богатство нашей страны. Подземные воды песчано-галечниковых отложений речных долин, как неоднократно подчеркивалось ранее, гидравлически тесно связаны с поверхностными водами. Именно поэтому есть возможность с помощью так называемых инфильтрационных водозаборов максимально использовать при эксплуатации привлекаемые запасы. Такие водозаборные сооружения довольно широко распространены на территории СССР и играют существенную роль в организации централизованного водоснабжения крупных объектов водопотребления (они составляют до 60% от общего количества подземных вод, отбираемых из недр земли).

В благоприятных геологических условиях могут формироваться значительные прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод и в горных районах нашей страны. Практика показывает, что в горах Средней Азии, Казахстана и других районах, а также в межгорных котловинах и на площади карбонатных пород накапливаются большие запасы подземных вод.

Исследования по прогнозной оценке региональных эксплуатационных запасов подземных вод еще раз подтвердили весьма неравномерную степень их распределения на территории СССР. Наибольшими потенциальными возможностями в этом отношении обладают районы РСФСР, Казахстана, Узбекистана, Киргизии, Белоруссии и Украины. На площади этих республик прогнозные экс-

эксплуатационные запасы пресных подземных вод составляют 94% от общих ресурсов страны в целом.

Неравномерность распределения прогнозных эксплуатационных запасов отмечается также и по площади отдельных союзных республик. Так, например, на Украине более 50% общих прогнозных запасов приурочено к площади известного в республике Днепровско-Донецкого артезианского бассейна. В Казахстане основная часть запасов (более 60%) формируется в северо-восточной и южной областях республики.

В европейской части СССР в распространении прогнозных эксплуатационных запасов, как и естественных, четко проявляется климатическая зональность. По мере продвижения с севера на юг значения модуля эксплуатационных запасов пресных подземных вод постепенно уменьшаются от 2—3 до 0,5 л/с с 1 км².

Исследования показали, что наибольшей степенью водообильности характеризуются песчано-галечниковые горные породы, слагающие межгорные артезианские бассейны типа Чуйского в Киргизии, Араратского — в Армении, Алазанского — в Грузии, Ферганского — в Узбекистане и др. Модуль прогнозных эксплуатационных запасов пресных подземных вод является здесь наибольшим и достигает 5—10 л/с с площади 1 км². Такие гидрогеологические условия встречаются и в других районах Среднеазиатских республик, Казахстане и на Кавказе. Значительные прогнозные эксплуатационные ресурсы аккумулируются также в песчано-галечниковых породах, слагающих предгорные шлейфы и конуса выносов речных долин, или так называемых сухих дельтах. Относительно высоким значением модуля (от 1 до 3 л/с с 1 км² площади) характеризуются площади распространения артезианских бассейнов платформенного типа. На территории европейской части СССР в этом отношении наибольшая водообильность горных пород основных водоносных горизонтов отмечается на площади Московского, Сурско-Хоперского и Прибалтийских артезианских бассейнов. На площади этих бассейнов формируются напорные подземные воды и буровые скважины, которые имеют здесь довольно высокие дебиты. Несколько меньшими значениями модуля характеризуются артезианские бассейны Западной Сибири. На площадях артезианских бассейнов аридной зоны

СССР (Сырдарьинского в Узбекистане, Азово-Кубанского — на юге Российской Федерации и Терско-Кумского — на Северном Кавказе) вследствие неблагоприятных условий питания модуль прогнозных запасов имеет средние значения и колеблется от 0,5 до 1 л/с с 1 км². Еще меньшие значения модуля (от 0,1 до 0,5 л/с) отмечаются на юге Украины, а также на площади Калмыцкой степи, Западного Казахстана, Южного Урала, Центрального Казахстана и др.

На территории Белоруссии и Прибалтийских республик прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод распространены относительно равномерно. Здесь наиболее продуктивные водоносные горизонты приурочены к пескам ледникового происхождения и аллювиальным песчано-гравелистым отложениям речных долин.

Установленные, таким образом, закономерности накопления и распространения ресурсов пресных подземных вод позволили не только осуществить прогнозную количественную их оценку и выявить основное богатство нашей страны — высококачественные источники коммунального водоснабжения, но и более целенаправленно спланировать разведочные гидрогеологические работы. Разработанные научные основы разведки в значительной степени повысили эффективность гидрогеологических исследований в нашей стране.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Приведенные выше данные по прогнозной оценке показывают, что территория СССР богата ресурсами пресных подземных вод. По годовому объему полного речного стока наша Родина занимает второе место, а по общему количеству прогнозных ресурсов подземных вод — первое. Однако неравномерность их распределения по площади в значительной степени затрудняет решение проблем их практического использования и требует очень бережного отношения и рациональной эксплуатации.

В настоящее время пресные подземные воды в нашей стране используются для: а) хозяйственно-питьевого водоснабжения городов, рабочих поселков и объектов сельского хозяйства; б) целей производственного водоснабжения промышленных предприятий; в) целей орошения сельскохозяйственных угодий.

К уровню потребления 1970 г. для нужд коммунального водоснабжения у нас в стране отбиралось подземных вод в количестве 330 м³/с. Это количество составляет примерно 40% от общего потребления подземных вод для всех нужд народного хозяйства.

Неоднократно подчеркивалось, что пресные подземные воды обладают высоким качеством и полностью отвечают требованиям действующих ГОСТов для питьевых вод. Поэтому централизованное водоснабжение большинства городов Советского Союза (более 62%) базируется целиком на использовании подземных вод. Так, на территории Российской Федерации для коммунального водоснабжения городов отбираются из недр земли подземные воды в количестве 150 м³/с, на Украине — 50 м³/с, в Узбекистане — 20 м³/с.

В крупных городах нашей страны с населением более 1 млн. человек для водоснабжения используются преимущественно поверхностные воды; подземные воды в крупных городах удовлетворяют лишь частично потребность (от 10 до 15% общего потребления).

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения сельскохозяйственных объектов (совхозов и колхозов) в нашей стране подземные воды потребляются в количестве 240 м³/с. По данным Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, для этих нужд находятся в эксплуатации около 300 тыс. буровых скважин. Для целей водоснабжения объектов сельского хозяйства выполняется большой объем бурения гидрогеологических скважин — до 20—25 тыс. в год. Для орошения земель в Советском Союзе используется, по сравнению с зарубежными странами, незначительное количество пресных подземных вод — всего примерно 280 м³/с. Наибольшее количество подземных вод на орошение потребляется на Украине, Азербайджане, Армении и в Узбекистане. Периодически в засушливые годы, когда заметно сокращается речной сток, отбор подземных вод для орошения сельскохозяйственных угодий резко возрастает.

Разведка эксплуатационных запасов подземных вод в целом по стране осуществляется с некоторым опережением их практического использования. Опережающая разведка подземных вод, по сравнению с плановым их потреблением, необходима для того, чтобы иметь время для проектирования и строительства водозаборных соору-

жений. Значительные успехи в деле разведки прогнозных запасов пресных подземных вод достигнуты в Казахстане. Здесь за последние годы разведаны Иртышский, Верхне-Илийский и группа Сарысуйских артезианских бассейнов. В результате выявлены новые дополнительные эксплуатационные запасы, которые превышают 50 м³/с. Наряду с этим, по некоторым союзным республикам отмечается недостаточная степень использования уже разведанных эксплуатационных запасов подземных вод. Общее количество используемых в настоящее время подземных вод в целом по стране составляет всего 8,2% прогнозных запасов.

При таком, казалось бы, огромном резерве не используемых в настоящее время прогнозных ресурсов пресных подземных вод рано беспокоиться о возможном их истощении. Однако приведенные выше так называемые «валовые данные» не дают объективного представления о реальных условиях их использования. Эти данные дают только общее представление о степени использования ресурсов пресных подземных вод и не учитывают закон их неравномерного распространения по площади. Для более точного анализа необходим дифференцированный подход к каждой конкретной области.

В самом деле в ряде отдельных республик отмечается довольно высокая степень отбора подземных вод из недр основных продуктивных горизонтов. Так, например, на территории Армении фактически отбор подземных вод для различных нужд народного хозяйства достиг 40% от общих прогнозных ресурсов, в Азербайджане — 60%, в Туркмении — 40%, в Молдавии — 30%.

Очень важной проблемой в нашей стране является прогнозная оценка использования ресурсов пресных подземных вод на перспективу с учетом уровня водопотребления. Для решения этой важной задачи пока еще недостаточно разработана методика прогнозирования потребления. Поэтому приходится пользоваться приближенными расчетами, исходя из основных принципов современных положений в водопользовании, требований действующих ГОСТов и охраны подземных вод. Принимались во внимание при этом и основные тенденции дальнейшего развития народного хозяйства. Однако такой прогноз не учитывает такого важного фактора, как динамика прогресса.

Чтобы своевременно решить столь ответственную проблему, необходимо так планировать объемы различных гидрогеологических работ по стране, чтобы темпы прироста дополнительно разведанных запасов подземных вод на ближайшее десятилетие были не менее 150—170 м³/с в год. Технические возможности для этого могут быть изысканы: Следовательно, план прироста эксплуатационных запасов подземных вод может быть обеспечен за счет более интенсивной их разведки.

В ряде крупных областей СССР (Северный и Центральный районы европейской части СССР, Западная Сибирь, северные районы Украины, Белорусская ССР и др.) имеются для решения этой задачи и благоприятные гидрогеологические условия. Однако неравномерное распространение на территории нашей страны прогнозных запасов подземных вод значительно осложняет решение проблемы использования их на перспективу по ряду республик и крупных областей.

Централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение крупных объектов может быть решено путем комплексного использования поверхностных и подземных вод. Целесообразно при этом провести специальные исследования по искусственному восполнению подземных вод.

Что же касается водоснабжения мелких сельскохозяйственных объектов, то почти на всей территории СССР (за исключением Прикаспийской низменности и некоторых районов Казахстана, Туркмении и др.) эта задача на перспективу может быть успешно решена за счет использования ресурсов пресных подземных вод.

В районах, благоприятных в гидрогеологическом отношении, в перспективе можно наметить путь более интенсивного использования пресных подземных вод не только для водоснабжения, но и для орошения. Именно поэтому в перспективном плане целесообразно предусмотреть разведку эксплуатационных запасов подземных вод для целей орошения там, где гидрогеологические условия позволяют решить эту важную проблему для народного хозяйства без ущерба для коммунального водоснабжения городов. Как показывает имеющийся опыт, такие мероприятия экономически себя оправдывают.

Из изложенного видно, что общая задача перспективного использования ресурсов пресных подземных вод

В связи с возрастающей потребностью народного хозяйства является весьма сложной. Успешное решение ее потребует проведения в нашей стране в большом объеме научных и прикладных исследований, а также осуществления ряда организационно-технических мероприятий.

В области планирования производственных работ целесообразно направлять разведку на выявление крупных месторождений подземных вод, закономерности размещения которых достаточно четко изучены в настоящее время для значительной части территории СССР. В этом отношении крупные месторождения со значительными эксплуатационными запасами подземных вод могут быть обнаружены в речных долинах, на площади артезианских бассейнов и предгорных шлейфов, а также в ледниковых отложениях и карбонатных породах (известняках и мраморах). Опыт, накопленный в нашей стране, показывает, что месторождения, приуроченные к перечисленным структурам, являются основными поставщиками эксплуатационных запасов подземных вод для разрешения проблем крупного водоснабжения городов и рабочих поселков.

На основании опыта эксплуатации необходимо выполнить в ближайшие годы доразведку месторождений подземных вод, на площади которых имеются действующие водозаборные сооружения и благоприятные для этого условия. Это позволит при небольших дополнительных затратах произвести переоценку запасов подземных вод и обосновать наиболее рациональные условия дальнейшей эксплуатации с учетом возросшего водопотребления. Такое направление разведочных гидрогеологических работ является наиболее экономически эффективным. Есть определенная возможность выявления прогнозных ресурсов подземных вод, которые накапливаются в речных долинах и горных районах нашей страны. Выше отмечалось, что в указанных районах ранее не производилась оценка прогнозных ресурсов. Задача дальнейших исследований в этом направлении состоит в том, чтобы подвергнуть изучению речные долины и горные районы, а также проанализировать гидрогеологические материалы с тем, чтобы по указанным областям произвести оценку прогнозных ресурсов и научно обосновать обстановку работ по разведке подземных вод для нужд конкретных потребителей.

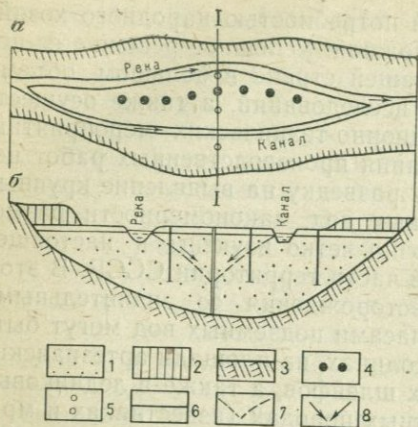


Рис. 28. Схема искусственного питания подземных вод на участке действующего водозабора:

а — в плане, б — в разрезе.
 1 — водоносные пески; 2 — покровные суглинки; 3 — водонепроницаемые породы; 4 — водозаборные скважины; 5 — наблюдательные скважины; 6 — уровень грунтовых вод до эксплуатации водозабора; 7 — депрессионная воронка; 8 — направление стока грунтовых вод

В районах Советского Союза, испытывающих острый дефицит в ресурсах пресных подземных вод, вполне оправданно будет ежегодное планирование комплекса научно-производственных работ, направленных на создание в природных подземных емкостях верхней части земной коры искусственных месторождений подземных вод. Этого можно достигнуть путем аккумуляции поверхностных вод в подземные емкости. В первую очередь такие исследования целесообразно провести в районах действующих водозаборов, где проблема получения дополнительных эксплуатационных запасов подземных вод искусственным питанием может быть решена при весьма незначительных затратах. Имеющийся в этом отношении небольшой опыт в Прибалтийских союзных республиках и на Украине подтверждает этот важный вывод.

На рис. 28 приведена схема искусственного дополнительного питания эксплуатационных скважин на одном из действующих водозаборов в Литовской ССР. Построенная инфильтрационная траншея позволила обеспечить двустороннее питание скважин и увеличить производительность водозабора в 1,5 раза. Аналогичные схемы дополнительного искусственного питания продуктивного горизонта на действующих водозаборах были осуществлены и в других районах СССР.

Поскольку перспективное водопотребление возрастает, воспроизводство ресурсов подземных вод на действующих водозаборах в нашей стране приобретает общегосу-

дарственное значение. Это реальный путь удовлетворения потребности в подземных водах различных отраслей народного хозяйства.

Важное значение имеют дальнейшие исследования и в слабоизученных районах Восточной Сибири, Крайнего Севера и Северо-Востока. Учитывая сложившиеся и намеченные на перспективу темпы развития народного хозяйства в этих районах и освоение новых территорий, особенно в связи со строительством Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, гидрогеологические исследования целесообразно выполнить в этих районах ускоренными методами. Такие исследования в слабоизученных районах СССР планируется осуществить в большом объеме. Результаты специальных исследований позволят выполнить прогнозную оценку региональных ресурсов пресных подземных вод и, таким образом, целенаправленно планировать собственно разведочные на воду работы. Представляется целесообразным в научном и практическом отношении провести в ближайшее время исследования с целью специального районирования территории СССР, в котором следует учесть комплекс данных: распространение по площади эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод, их современное потребление и требования к водопотреблению по плану дальнейшего развития народного хозяйства. Такое комплексное районирование может служить хорошей основой для более целесообразного размещения новых объектов водопотребления, а также более точного планирования разведочных гидрогеологических работ.

Не меньшее значение имеют и мероприятия, направленные на более рациональное использование природных ресурсов пресных подземных вод. Эта важнейшая проблема современности должна постоянно находиться под контролем водохозяйственных организаций.

В этом направлении необходимо: 1) до минимума сократить на всех объектах безвозвратные потери воды непосредственно при их использовании; 2) перевести все фонтанирующие буровые скважины на так называемый крановый режим эксплуатации. Дело в том, что очень часто гидрогеологические скважины, вскрывшие напорные подземные воды, фонтанируют. При этом устьева часть фонтанируемой скважины не оборудуется регулировочной задвижкой. По этой причине вода из скважины

постоянно самонизливается и ее эксплуатация во времени никак не регулируется. Происходит бесхозяйственное расходование подземных вод, что нередко приводит к бесполезному истощению их общих эксплуатационных запасов. Кроме этого, постоянное бесхозяйственное фонтанирование гидрогеологических скважин нередко вызывает заболачивание территории.

Рекомендации по переоборудованию гидрогеологических выработок на крановый режим прежде всего относятся к скважинам, пробуренным для водоснабжения сельскохозяйственных объектов, а также для орошения земель подземными водами. В нашей стране в свое время была проведена большая работа по переоборудованию фонтанирующих скважин на крановый режим эксплуатации.

Большое общегосударственное значение имеют мероприятия, направленные на необходимую организацию строгого учета на всех объектах эксплуатации количества отбираемых из недр земли подземных вод и их потребления для различных нужд народного хозяйства.

Следует признать, что, к сожалению, в нашей стране пока не налажен единый учет использования подземных вод. По этой причине мы не имеем возможности достоверно и объективно оценить общее и пообъектное водопотребление. Нарушается при этом и планирование использования подземных вод в целом по стране. Для устранения этого недостатка в водопользовании в настоящее время завершаются подготовительные работы по внедрению единого кадастра водных ресурсов, в том числе и кадастра по их использованию.

Беречь природные ресурсы пресных подземных вод, рационально их расходовать — это значит сократить до минимума их использование в промышленности. Нельзя допустить расходования драгоценных пресных подземных вод для промышленного водоснабжения с большими безвозвратными потерями. Эта задача может быть решена путем перевода водоснабжения промышленных предприятий на использование поверхностных вод и замкнутую схему водоснабжения. И второй путь — разработка новых более совершенных технологических схем промышленного производства с минимальным использованием водных ресурсов. На современном уровне научно-технического прогресса, очевидно, можно вести поиски на

разработку «сухой» технологии промышленного производства. Это очень важно, особенно для водоемких производств. Решение указанных мероприятий позволит высвободить уже выявленные ресурсы пресных подземных вод и направить их использование на удовлетворение растущей потребности хозяйственно-питьевого водоснабжения городов, рабочих поселков и сельскохозяйственных объектов.

В связи с необходимостью упорядочить использование подземных вод и организации полноценного их учета с помощью единого кадастра крайне целесообразно усилить в нашей стране стационарное изучение режима эксплуатации на участках действующих водозаборных сооружений. Такая работа в Советском Союзе проводится, но в небольшом объеме. Между тем имеющийся опыт показывает, что в результате стационарного изучения режима подземных вод при эксплуатации водозаборов может быть получена очень ценная и крайне необходимая гидрогеологическая информация. Данные этой информации позволят решить ряд важных вопросов: о возможности расширения действующего водозабора и, следовательно, увеличения его производительности; о дальнейших более рациональных условиях эксплуатации; об изменении качества подземных вод на водозаборном участке и, наконец, подсказать достоинства и недостатки ранее применяемой методики при разведке данного водозабора.

Исходя из этих очень ценных предпосылок, следует организовать стационарное изучение режима подземных вод при их эксплуатации на всех крупных водозаборных сооружениях нашей страны. Затраченные средства на организацию и проведение исследований по изучению режима подземных вод в нарушенных условиях очень быстро окупятся.

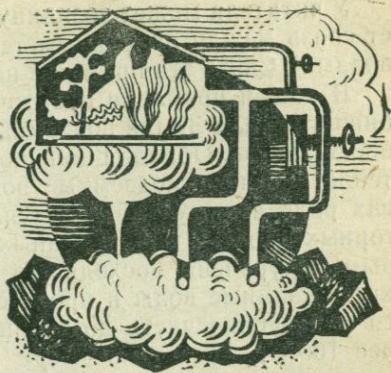
К числу наиболее важных принципов и положений, которые должны также лежать в основе перспективного прогноза рационального использования ресурсов пресных подземных вод, следует отнести более разумное планирование в размещении новых объектов водопотребления: городов, рабочих поселков и др. Новые объекты должны размещаться с учетом реальных возможностей местных ресурсов подземных вод или возможной переброски воды из других районов или, наконец, с учетом комплексного

использования ресурсов подземных и поверхностных вод.

Очевидно, в перспективных планах дальнейшего развития градостроительства природные водные ресурсы должны стать одним из определяющих факторов.

Таким образом, проведение большого комплекса исследований и претворение в жизнь организационно-технических мероприятий позволит решить одну из главных задач современности — рациональное использование природных ресурсов пресных подземных вод. Совершенно очевидно, что перечисленный выше круг вопросов и предложений не является исчерпывающим. Изыскания путей более разумной эксплуатации пресных подземных вод является проблемой непрерывно действующей, и поиски в этом направлении должны быть продолжены и постоянно находиться в сфере влияния науки и практики.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ — ИСТОЧНИК ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ



В предыдущих главах неоднократно подчеркивалось, что природные ресурсы нашей планеты, которые непрерывно возобновляют свои естественные запасы, являются наиболее ценными для человека. К таким возобновляемым ресурсам следует отнести природное тепло Земли.

В своих глубинных недрах наша планета таит огромные запасы тепла, которые для практической деятельности человека можно считать неисчерпаемыми.

Опыт использования показывает, что глубинное тепло Земли является наиболее дешевым видом энергии. Дешевизна определяется прежде всего тем, что при использовании природного тепла отпадает необходимость преобразования его.

Огромное преимущество глубинного тепла Земли состоит еще и в том, что при его использовании не требуется никаких процессов сжигания. Поэтому сохраняется чистота атмосферы и не происходит загрязнения окружающей среды.

Ученые ориентировочно подсчитали, что суммарная энергия, накапливающаяся в глубоких недрах Земли, намного превышает тепловой эквивалент всех запасов угля, нефти, газа, торфа и горючих сланцев, вместе взятых.

Это глубинное тепло нашей планеты выделяется в виде тепловых потоков на поверхность Земли и теряется в атмосфере. Изучение тепловых потоков позволило оценить общие потери тепла. За год Земля таким путем теряет около $2 \cdot 10^{20}$ кал своего тепла. Проблема изучения природного тепла земной коры имеет большое теоретическое и практическое значение.

У читателя может возникнуть вопрос, какая существует связь между природным теплом Земли и подземными водами? Связь эта прямая и непосредственная.

В общей проблеме практического использования глубинного тепла Земли подземным водам принадлежит особое значение. Обладая большой подвижностью и высокой теплоемкостью, подземные воды играют в этих процессах роль аккумулятора и теплоносителя. Циркулируя в горных породах определенных зон земной коры, к которым приурочены восходящие глубинные тепловые потоки, подземные воды в процессе теплообмена нагреваются на глубине часто до значительной температуры (более 100°C). Затем, по мере вертикального движения вверх или горизонтального по пласту, либо накапливаются в водоносных горизонтах, либо при благоприятных условиях выходят на поверхность земли в виде теплых или горячих источников, реже в виде гейзеров.

Теоретически можно предполагать, что в глубоких горизонтах подземной части гидросферы термальные воды могут иметь повсеместное распространение. Однако тепловые потоки на нашей планете распределяются неравномерно, поэтому и формируются в верхней части земной коры термальные воды с различной температурой.

Общие ресурсы природного тепла Земли, которое можно непосредственно использовать в народном хозяйстве (при данном техническом уровне), определяются по существу запасами подземных термальных вод.

В конечном итоге последние и определяют экономическую целесообразность использования природного тепла земной коры (глубину залегания термальных подземных вод, температуру воды, количество растворенных в воде солей и др.).

ПРИРОДА ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛА ЗЕМЛИ

Откуда берется тепло Земли? Что является первоисточником накопления тепловой энергии?

Вопросы происхождения глубинного тепла Земли очень сложные и могут быть изложены в порядке рабочей гипотезы. Сложность объясняется тем, что глубинное строение нашей планеты (на глубину более 25 км) изучается геологами не прямыми, а косвенными методами.

Это прежде всего различные геофизические методы исследования, позволяющие производить глубинное зондирование Земли. При расшифровке результатов глубинного геофизического зондирования допускаются определенные, но научно обоснованные предположения о строении глубинных частей нашей планеты вплоть до ее ядра.

Формирование тепла Земли тесным образом связано с историей происхождения нашей планеты.

Согласно новейшей гипотезе, образование планет и в том числе Земли, произошло в результате сгущения протопланетного облака пыли, вращающегося вокруг Солнца. Первоначальное вещество планет, находившееся в холодном состоянии, под влиянием сгущения вещества планеты и внутреннего тепла (естественного радиоактивного распада элементов) стало постепенно разогреваться, что вызвало впоследствии дифференциацию вещества и образование оболочек Земли.

Академик А. П. Виноградов экспериментально показал, что образование из первичного холодного вещества современных оболочек Земли происходило по принципу зонного его плавления. Возникающие при этом сложные физико-химические процессы приводили к тому, что легкоплавкие вещества поднимались из глубин Земли к ее поверхности, а тяжелые компоненты опускались вниз к ее ядру. В процессе зонной плавки происходило, таким образом, расслоение нашей планеты на определенные оболочки, а также высвобождение огромной энергии. По мнению А. П. Виноградова, именно в результате зонной плавки вещества планеты, происходящей под влиянием энергии радиоактивного распада, образовались оболочки Земли: атмосфера, гидросфера и твердая оболочка.

Наибольший интерес для практики представляет самая верхняя твердая оболочка нашей планеты — земная кора. Именно в слоях земной коры концентрируются важнейшие минеральные богатства, в том числе и различные типы подземных вод.

Исследованиями было установлено, что земная кора сложена наиболее легкими горными породами — гранитами, базальтами, метаморфическими и осадочными породами, ниже которых залегают породы мантии (типа дунитов и перидотитов) и далее ядро Земли.

Некоторые ученые также предполагают, что определенное влияние на тепловую энергию Земли оказывает

окружающая среда, т. е. космогенные факторы — влияние солнечной энергии, изменение энергии постоянной мировой гравитации, процессы взаимодействия в системе Земля—Луна и др.

ОБЩИЕ РЕСУРСЫ ПРИРОДНОГО ТЕПЛА НАШЕЙ СТРАНЫ

Ресурсы природного тепла земной коры, которые практически могут быть использованы в народном хозяйстве, принято оценивать по количеству термальных подземных вод.

Для оценки общих ресурсов термальных подземных вод была составлена прогнозная карта применительно к различным условиям их распространения.

По данным приближенных расчетов, общие прогнозные ресурсы термальных подземных вод представляются в следующем виде (табл. 17).

Как видно из таблицы, основные ресурсы термальных подземных вод формируются на площади Западной и Восточной Сибири (более 70% всех ресурсов СССР), в том

Таблица 17

Прогнозные ресурсы термальных подземных вод СССР
(по данным института ВСЕГИНГЕО)

Территория СССР	Прогнозные ресурсы, тыс. м ³ /сут	Группа термальных подземных вод
Европейская часть	3025	Преимущественно с высокой минерализацией
в том числе:		
Кавказ и Предкавказье	1950	Преимущественно со слабой минерализацией
Крым и Предкарпатье	575	
другие районы	500	
Средняя Азия (Узбекистан, Таджикистан, Киргизия и Туркмения)	1375	Главным образом с высокой минерализацией
Казахстан	1200	Преимущественно с высокой минерализацией
Западная Сибирь	10 750	Главным образом с высокой, реже со слабой минерализацией
Восточная Сибирь и Дальний Восток	3400	
в том числе:		
Камчатка и Курильские острова	1500	Преимущественно парагидротермы с невысокой общей минерализацией
Сахалин	250	

числе в районах Камчатки, Курильских островов и Сахалина распространены самые уникальные ресурсы — парагидротерм, обладающих высокой теплоемкостью.

На территории Западной Сибири термальные подземные воды, к сожалению, имеют высокую минерализацию (более 15—25 г/л). Широкое их привлечение в народном хозяйстве экономически целесообразно только при комплексном использовании — получении природного тепла и полезных химических компонентов (иод, бром, бор, литий, стронций, хлор, кальций и др.).

На Кавказе термальные воды имеют невысокую минерализацию и поэтому могут быть успешно использованы в различных отраслях народного хозяйства.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ТЕПЛА ЗЕМНОЙ КОРЫ

В настоящее время вопросами использования природного тепла земной коры в различных отраслях народного хозяйства нашей страны занимается ряд проектных институтов.

Существует много интересных разработок, предусматривающих привлечение дешевой энергии термальных подземных вод для выработки электроэнергии, теплоснабжения населенных пунктов, организации тепличных хозяйств, для лечебных и оздоровительных целей.

Проектными разработками были предусмотрены кондиционные требования, определяющие на данном этапе экономическую целесообразность широкого использования природной тепловой энергии. Например, если термальные воды с температурой 40—60°C имеют общую минерализацию (содержание растворенных солей) не более 8—10 г/л и содержат вредные компоненты в пределах допустимых норм (ГОСТов), установленных для питьевой воды, то эти воды могут успешно применяться одновременно для отопления и горячего водоснабжения населенных пунктов (ванн, душевых и др.), а также для теплоснабжения парниковых хозяйств (выращивание овощей, фруктов, цветов и др.).

Как отмечалось ранее, наиболее ценными для практического использования в народном хозяйстве являются парагидротермы. Они приурочены к небольшим глубинам и распространены преимущественно на Камчатке, Ку-

рильских островах и Сахалине — в области современной и четвертичной вулканической деятельности, в пределах так называемого Тихоокеанского интенсивно подвижного тектонического пояса. Этот край по своим ресурсам парагидротерм является уникальным в нашей стране.

На Камчатке известно более 100 естественных выходов парагидротерм, в том числе известная по своей красоте Долина Гейзеров на площади Кроноцкого заповедника.

Камчатские парагидротермы отличаются не только высокой температурой пароводяной смеси, достигающей 170—200°C, но и характеризуются относительно низкой минерализацией. Количество растворенных в воде солей колеблется здесь от 0,6 до 3—5 г/л, что является весьма благоприятным для практического их использования, в первую очередь в тепловых станциях для выработки дешевой электроэнергии.

Есть еще одна особенность природных условий формирования парагидротерм Камчатки и Курильских островов — это неглубокое залегание перегретых горных пород (до 500 м), высокая степень их трещиноватости и интенсивное выпадение атмосферных осадков. Все это создает исключительно благоприятные условия для быстрого и постоянного возобновления ресурсов термальных подземных вод.

Ученые подсчитали, что только по 10 наиболее крупным естественным источникам парагидротерм на Камчатке выносится такое количество природного тепла земной коры, которое равноценно ежесуточному сжиганию 200 тыс. т каменного угля.

Если такое количество естественного выхода парагидротерм собрать вместе, то на базе этого тепла можно построить тепловую электростанцию мощностью 150 тыс. кВт. Однако общие ресурсы природного тепла земной коры этим не исчерпываются. Если на известных выходах парагидротерм пробурить неглубокие (по 300—500 м) скважины, то их ресурсы будут увеличены, а мощность тепловой электростанции доведена до 500 тыс. кВт. Этим количеством электроэнергии можно удовлетворить всю потребность развивающегося в районе народного хозяйства.

С учетом природных особенностей камчатских парагидротерм именно здесь было осуществлено строительст-

во первой в СССР опытно-промышленной тепловой Паужетской электростанции.

Паужетское месторождение высокотермальных подземных вод расположено в южной части полуострова, вблизи вулканов Кошелева и Камбального, в 35 км от побережья Охотского моря. На этом месторождении в долине р. Паужетка была проведена специальная разведка термальных вод, которая показала, что количество содержащихся в воде солей небольшое — от 1 до 3,4 г/л, температура пароводяной смеси на устье скважин достигает 150—200°C, а общие разведанные ресурсы высокотермальных вод дают возможность построить здесь тепловую электростанцию мощностью до 50—70 тыс. кВт.

На месторождении была построена первая опытная геотермальная электростанция мощностью 5 тыс. кВт. Затем мощность ее была доведена до 15 тыс. кВт. Вырабатываемая электроэнергия полностью используется рыбхозом. Термальными горячими водами отапливаются жилые дома пос. Паужетка. Так на Камчатке строительством первой опытно-промышленной Паужетской тепловой электростанции было положено начало практического использования в нашей стране природного тепла земной коры в энергетических целях.

Вскоре было разведано Паратунское месторождение горячих вод, на базе которого была построена опытная фреоновая электростанция, позволяющая использовать для выработки энергии подземные воды с температурой 80—90°C. Кроме того, в рабочем пос. Паратунка был введен в действие первый в нашей стране тепличный комбинат по выращиванию овощей производительностью до 1000—1200 т в год. Выращивание круглый год свежих овощей позволило значительно улучшить снабжение населенных пунктов Камчатки.

На Паратунском месторождении термальные воды используются также для бальнеологических целей. Здесь построен первый на Камчатке санаторий. В рабочем пос. Паратунка термальные воды используются и для спортивно-оздоровительных целей — обогреваются два специальных плавательных бассейна.

Осваиваются ресурсы еще одного крупного месторождения высокотермальных подземных вод — Больше Банное.

На Курильских островах привлекают к себе внимание два крупных месторождения высокотермальных подземных вод: на о. Кунашир — месторождение Горячий Пляж и на о. Парамушир — месторождение вблизи вулкана Эбеко.

На этих месторождениях проводятся специальные исследования для определения эксплуатационных ресурсов термальных вод и путей практического их использования.

Известны естественные выходы термальных вод и в области распространения многолетнемерзлых пород — в Магаданской области и на Чукотке, где они используются преимущественно для лечебных целей. Так, например, недалеко от г. Магадана на базе термальных вод с температурой до 85°C существует действующий курорт Талая. Воды здесь используются для лечения и отопления всего комплекса зданий курорта, а также для тепличного хозяйства.

Известный на Колыме Тальский курорт создан на базе использования ресурсов термальных вод одноименного месторождения.

На Чукотке хорошо и эффективно организовано местным колхозом использование Лоринских горячих ключей. Подземным теплом здесь отапливаются теплицы, здания колхоза, снабжается горячей водой плавательный бассейн.

Используются в народном хозяйстве термальные подземные воды в Прибайкалье, в Забайкалье и в Бурятской АССР. К сожалению, ресурсы термальных вод здесь на отдельных месторождениях являются очень ограниченными и поэтому используются преимущественно в бальнеологии для курортного лечения. Известны в этом отношении курорты Горячинск — на Байкале, Дарасун и Кука — в Читинской области.

Намечено освоение ресурсов термальных вод Питателевского месторождения (в 54 км западнее г. Улан-Уде), где проектируются создание тепличного хозяйства и организация нового курорта.

В г. Тюмени построен спортивный комплекс с плавательным бассейном, который обеспечивается горячей водой из пробуренной здесь же скважины. Построена здравница местного значения и на окраине г. Ханты-Мансийска, где используются для лечения подземные воды с температурой до 65°C , обнаруженные буровой разведоч-

ной скважиной на нефть. Большой популярностью у нефтяников Западной Сибири пользуются Тараскульское месторождение, расположенное вблизи живописного озера.

В настоящее время проводятся подготовительные работы к использованию природного тепла земной коры для лечебных и оздоровительных целей вблизи городов Тобольска, Омска, Тары и др. Предполагается провести в ближайшие годы геологоразведочные работы на крупных перспективных месторождениях термальных подземных вод Западной Сибири — Колпашевском, Барабинско-Купинском и др.

На территории европейской части СССР термальные воды имеют широкое распространение и используются главным образом в лечебных целях, теплоснабжении населенных пунктов и тепличных хозяйств, а также в оздоровительных целях (плавательные бассейны).

Таблица 18

Количество тепла, выносимого подземными водами из недр земли (по данным Г. М. Сухарева)

Район расположения буровой скважины	Дебит скважины, м ³ /сут	Температура воды, °С	Количество тепла, выносимого водами, ккал	Количество каменного угля, равноценное тепловой энергии скважины, т/год
Кешчай (Азербайджанская ССР) . . .	25 000	35	3,75 · 10 ⁸	22 800
Датыхская структура (Чечено-Ингушская АССР)	40 000	77	22,8 · 10 ⁸	139 000
Берекей (Дагестанская АССР)	70 000	57	25,9 · 10 ⁸	158 000
Абадзехский (Краснодарский край) . . .	3 450	78	20 · 10 ⁸	12 200
г. Георгиевск (Ставропольский край)	2 818	88	1,9 · 10 ⁸	11 600
Брагуны (Чечено-Ингушская АССР) . .	1 800	91	1,27 · 10 ⁸	7 750
Цачши (Грузинская ССР)	2 000	81	1,22 · 10 ⁸	7 400

Наиболее высокотемпературные подземные воды обнаружены на Кавказе, в Предкавказье и Закавказье.

Г. М. Сухарев произвел для примера весьма интересные подсчеты количества тепла, выносимого подземными водами из недр земли отдельными, наиболее производительными буровыми скважинами, пройденными в различных районах Северного Кавказа. В табл. 18 приводятся некоторые данные этих подсчетов.

Как видно из таблицы, использование дешевой природной энергии может сэкономить большое количество такого топлива, как уголь и ему равноценное по теплосодержанию — газ.

В масштабе отдельных наиболее перспективных областей СССР экономия очень ценного топлива может оказаться весьма внушительной. Поэтому проблема широкого использования энергии Земли — термальных вод — в нашей стране приобретает большое значение.

Наиболее эффективно природное тепло земной коры используется в Дагестане. Здесь слабоминерализованные термальные воды, вскрытые на глубинах 1200 — 1500 м, имеют температуру от 60 до 75° С. В буровых скважинах термальные воды обычно фонтанируют и имеют большие дебиты — до 1500—2000—3000 м³/сут.

Непосредственно в г. Махачкале термальные воды используются для отопления зданий, в банно-душевых кабинатах, а также в бальнеологических целях.

В пригороде Махачкалы — Тернаире вот уже много лет термальные воды с температурой 63° С и дебитом до 2000 м³/сут используются для теплоснабжения парников и теплиц.

На территории Грузии ресурсы термальных вод с давних времен начали использоваться преимущественно для бальнеологических целей. Известны в этом отношении серные бани в Тбилиси, а также специальные водолечебницы. В последнее время, в связи с открытием новых месторождений термальных вод, особенно в районах Западной Грузии, природное тепло земных недр стало употребляться для отопления и горячего водоснабжения зданий, для обогрева теплиц, а также на фабриках — при первичной обработке чайного листа.

Так, например, в г. Зугдиди с глубины около 2000 м была получена пресная подземная вода с температурой 90° С и дебитом 2600 и 3000 м³/сут. Ресурсы этих вод очень успешно используются для отопления жилых зданий города и снабжения горячей водой промышленных

предприятий. Теплично-парниковые хозяйства на базе использования даровой энергии построены в городах Циамми, Охурей и др.

В Армении в настоящее время ресурсы термальных подземных вод широко используются главным образом для курортного лечения. Большой популярностью в этом отношении пользуются курорты Джермук и Анкаван, где температура подземных вод, вскрытых скважинами, достигает 65—70°C.

Имеется перспектива обнаружить высокотермальные подземные воды в окрестностях Еревана. В этом и других районах Армении с этой целью планируется провести специальные геологоразведочные работы.

Территория республик Средней Азии и Казахстана по своим геологическим условиям и имеющимся предпосылкам является очень перспективной на возможное обнаружение значительных ресурсов термальных подземных вод.

Геологоразведочные работы, выполненные в последние годы, привели к открытию целой провинции термальных вод, которая простирается от Ташкента в районы южного Казахстана (Чимкент, Джамбул, Қзыл-Орда).

В Ташкенте слабоминерализованные термальные воды вскрыты буровыми скважинами на глубине 2000—2500 м с температурой до 70—75°C. Эти воды широко используются в бальнеологических целях, а также в специальных плавательных бассейнах.

Вблизи г. Алма-Аты проводятся разведочные работы по изысканию ресурсов термальных подземных вод для теплоснабжения города и организации бальнеологических лечебниц. Первые пробуренные здесь скважины дали положительные результаты.

На территории Казахстана имеется ряд крупных гидрогеологических районов, очень перспективных для возможного обнаружения ресурсов термальных подземных вод. Таким районом является так называемый Илийский артезианский бассейн, на площади которого в г. Панфилове разведочной скважиной на глубинах 2000 м обнаружено несколько фонтанирующих горизонтов термальных вод с температурой 65—95°C и большим расходом — до 7,5 тыс. м³/сут.

На базе вскрытых ресурсов составляется проект комплексного их использования — для теплоснабжения горо-

да, тепличных хозяйств и водолечения. Имеются перспективные площади на западе Казахстана — это Прикаспийский и Мангышлакский районы, а также Устюрт.

ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Итак, мы познакомились с удивительным богатством нашей планеты, — природным теплом Земли и примерами использования его в народном хозяйстве. Убедились также, что в недрах земной коры сосредоточено колоссальное количество тепла в виде термальных вод и парагидротерм, которое все в более широком масштабе начинает служить человеку.

В этом отношении проблема использования природного тепла земной коры в нашей стране находится в начальной стадии ее практического решения. Разработаны перспективные планы проведения геологических работ по разведке термальных подземных вод и практическому их комплексному использованию. Этим планом предусматривается систематическое проведение буровых работ на перспективных площадях и в первую очередь в хозяйственно освоенных районах.

Планируется более интенсивное использование ресурсов парагидротерм и термальных вод для выработки электроэнергии, теплоснабжения населенных пунктов и оздоровительно-лечебных целей. Намечены и частью осуществляются мероприятия по использованию природного тепла Земли в тех районах нашей страны, где буровыми скважинами уже обнаружены термальные воды при разведке нефтяных и газовых месторождений.

Поскольку термальные подземные воды имеют довольно широкое распространение на территории СССР, открываются огромные перспективы использования глубинного тепла Земли для нужд сельского хозяйства (отопление теплиц и парников с целью круглогодичного выращивания овощей, фруктов, цветов и пр.).

Широкое использование ресурсов термальных вод в сельском хозяйстве — реальный путь повышения его эффективности. Накопленный в этом отношении опыт в некоторых хозяйствах нашей страны полностью подтверждает этот вывод.

Намечаются перспективы широкого использования ресурсов термальных вод не только для теплоснабжения,

но и для получения низких температур с помощью применения рабочих веществ холодильных машин.

В перспективном плане особое внимание следует уделить поисково-разведочным работам на термальные воды в северных районах страны, в районах Восточной Сибири и Северо-Востока — в области развития мощных толщ многолетнемерзлых пород (так называемой вечной мерзлоты).

Внимание к проблеме поисков и разведки природного тепла земной коры в областях распространения вечной мерзлоты состоит в том, что для этих районов получение термальных вод даже с температурой $25-30^{\circ}\text{C}$ может сыграть решающую роль в резком повышении эффективности разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, широко распространенных в этих краях. Дело в том, что россыпи металлов здесь приурочены к рыхлым породам (пески, галечники), полностью промороженным. Для добычи металла из россыпей приходится различными способами искусственно производить оттаивание рыхлых горных пород (с помощью электроэнергии или в летнее время с помощью речных вод, имеющих температуру всего $+10^{\circ}\text{C}$).

Ориентировочные расчеты, выполненные П. Ф. Швецовым, показали, что с помощью термальных вод с температурой $25-30^{\circ}$ затраты на оттаивание мерзлых рыхлых пород на россыпных месторождениях могут быть сокращены в 5 раз.

Имеющиеся естественные выходы термальных источников в зоне развития вечной мерзлоты и данные первых глубоких разведочных скважин, пройденных в этой области с целью обнаружения нефтяных и газовых месторождений, показывают, что на площади распространения многолетнемерзлых пород имеются реальные предпосылки для постановки здесь специальных геологоразведочных работ.

В этом отношении интересное предложение разработано в Ленинградском горном институте. Идея этого предложения состоит в том, чтобы при вскрытии скважинами очага сильно нагретых горных пород «теплового котла» получить горячую воду путем искусственного нагнетания холодной воды через приемную скважину и после нагрева, т. е. теплообмена, извлечь термальную воду с помощью водозаборной скважины.

Для улучшения условий циркуляции нагнетаемой воды и условий теплообмена необходимо, чтобы нагнетательные скважины имели многозабойную конструкцию, а между скважинами путем подземных взрывов сохранялась усиленная трещиноватость горных пород.

Подобный опыт искусственного создания термальных вод был проведен на площади одной отработанной нефтяной структуры в Узбекистане. Когда на месторождении была извлечена нефть, одна часть старых скважин на эксплуатационном участке была использована для нагнетания холодной воды, а другая часть скважин, расположенных на расстоянии 300—500 м — для отбора горячей воды после теплообмена.

Работы в Узбекистане, выполнявшиеся в порядке опыта, дали очень хорошие результаты. В водозаборных скважинах была получена термальная вода с температурой до 40—45°C.

Опытные работы по созданию в нашей стране искусственных термальных вод целесообразно продолжить и в первую очередь на тех площадях, в пределах которых в горных породах обнаружены на небольших глубинах (до 2000 м) довольно значительные тепловые потоки.

В нашей стране имеются большие перспективы эффективного использования глубинного тепла Земли в самых различных сферах народного хозяйства. Нет сомнения в том, что в ближайшем будущем эти проекты и схемы найдут свое широкое применение на практике.

РОЛЬ
ПОДЗЕМНЫХ
ВОД
В ПРОЕКТАХ
ДАЛЬНЕЙШЕГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ПРИРОДЫ



ОБЩИЕ ПЛАНЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Наша страна обладает огромным экономическим потенциалом, который в рациональном сочетании с созидательным трудом советского народа позволяет ускоренными темпами развивать производительные силы. Немногие страны мира могут сравниться с Советским Союзом по темпам роста производства.

В подъеме общей экономики страны и дальнейшем повышении жизненного уровня трудящихся большое значение имеет водохозяйственное строительство как одна из форм активного преобразования в интересах дальнейшего развития различных отраслей народного хозяйства. Важно правильно оценить роль подземных вод в осуществлении этих проектов.

В новых планах водохозяйственного строительства и дальнейшего преобразования природных условий нашей страны предусматривается:

1. Строительство на реках и других природных емкостях новых крупных водохранилищ — накопителей влаги — с целью повышения эффективности использования поверхностного стока.
2. переброска части речного стока на значительные расстояния из районов с избыточными водными ресурсами в области, где местные ресурсы поверхностных и подземных вод являются ограниченными и лимитируют развитие народного хозяйства.
3. Крупное энергетическое строительство с целью максимального использования энергии рек.

4. Освоение под орошение новых земельных массивов.
5. Осушение заболоченных земель для хозяйственно-го их освоения.

6. Дальнейшее развитие проблем централизованного хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения городов, рабочих поселков, сельскохозяйственных объектов и промышленных предприятий путем комплексного использования водных ресурсов.

7. Дальнейший подъем экономики народного хозяйства в Нечерноземной зоне РСФСР путем более интенсифицированного комплексного использования природных ресурсов.

8. Обводнение полупустынных зон территории СССР, в том числе прилегающих пастбищных угодий, путем более широкого привлечения ресурсов подземных вод и переброски поверхностных вод из других районов.

9. Создание зон отдыха трудящихся на базе использования водохранилищ, специального создания водоемов.

Предусматривается также большой объем работ по осушению месторождений полезных ископаемых при их промышленной отработке. Причем в отдельных районах СССР это направление водохозяйственного строительства будет осуществляться на больших площадях. Так, например, планируется осушение большой группы дополнительно намеченных к освоению железорудных месторождений Курской магнитной аномалии, Криворожского рудного бассейна, угольных шахт Тульского и Подмосковского бассейнов и др.

Во всех перечисленных направлениях водохозяйственного строительства особая роль принадлежит подземным водам, их режиму и воздействию на окружающую среду.

В плане дальнейшего улучшения благосостояния советского народа предусматривается, как отмечалось, коренное улучшение условий централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения городов, рабочих поселков и сельскохозяйственных объектов. Эти мероприятия по улучшению санитарно-гигиенических условий жизни трудящихся требуют, наряду с использованием поверхностных вод, увеличения отбора из недр земли подземных вод, искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод, усиления их охраны от истощения и загрязнения. Это одна из главных проблем намечаемого водохозяйственного строи-

тельства. Вместе с этим целесообразно продолжить в нашей стране внедрение в практику современных методов и новых технических средств по опреснению морских и соленых подземных вод. Для некоторых отдельных пустынных районов этот способ может оказаться весьма эффективным.

Вместе с дальнейшим подъемом сельского хозяйства водохозяйственное строительство позволит преобразовать полупустынные области нашей страны в цветущие оазисы с новыми современными городами.

Главным направлением в общей проблеме дальнейшего водохозяйственного строительства и длительной эксплуатации объектов является эффективное, более рациональное, комплексное использование и охрана ресурсов поверхностных и подземных вод, а также улучшение окружающей среды обитания человека, предотвращение возможных отрицательных последствий, возникающих под влиянием антропогенного воздействия на природу.

В условиях ограниченного общего фонда пахотных земель нашей страны в дальнейшем, очевидно, целесообразно строить крупные водохранилища преимущественно в горных условиях, где изъятие пахотных земель при затоплении водохранилищ значительно меньше.

Накопленный в этом отношении опыт показывает, что на 1 м напора зеркала воды при заполнении равнинных Куйбышевского и Рыбинского водохранилищ на р. Волге затапливалось 230—240 км²; при заполнении Красноярского на Енисее и Братского на р. Ангаре, в холмистых условиях, эти цифры снижались в десять раз — до 20—25 км². В горных же условиях (например Токтогульское водохранилище в Киргизии и водохранилище на Ингури в Грузии) площадь затопления составляет всего 1,3 и 0,002 км² на 1 м подпора воды в чаше водохранилища. Строительство крупных равнинных водохранилищ, таким образом, связано с большими «отходами производства».

В настоящее время претворяются в жизнь и планируются на ближайшую перспективу огромные объемы водохозяйственного строительства, связанные с эффективным использованием поверхностного стока всех основных речных бассейнов Союза. Эта проблема решается обычно комплексно: в энергетических целях, в интересах сельского, рыбного и коммунального хозяйства. Важным эта-

пом в этом направлении явились исследования по разработке схем комплексного использования водных ресурсов для всех крупных речных бассейнов Советского Союза. Так, в Восточной Сибири водохозяйственное строительство осуществляется преимущественно в энергетических целях. Известен в этом отношении каскад гидроэлектростанций на р. Ангаре (Иркутская, Братская, Усть-Илимская ГЭС и строящаяся Богучанская гидроэлектростанция). На р. Енисей построена Красноярская и строится Саяно-Шушенская ГЭС.

Коренное преобразование поверхностного и подземного стоков происходит в бассейнах Сырдарьи и Амударьи. Оно осуществляется преимущественно в целях развития сельского хозяйства и энергетики.

Бассейн р. Сырдарьи охватывает своей площадью четыре республики — Узбекистан, Киргизию, Таджикистан и Южный Казахстан. Территория четырех республик, расположенных на площади бассейна реки, представляет собой в сельскохозяйственном отношении одну из крупнейших в нашей стране провинций хлопководства. В этом бассейне уже осуществлены и намечаются на будущее значительные объемы ирригационно-энергетического строительства.

Река Сырдарья берет свое начало в восточной части Ферганской котловины и образуется от слияния р. Нарын и р. Карадарья. На р. Нарын осуществлено строительство крупнейшего в Средней Азии Токтогульского водохранилища вместе с ГЭС, а на р. Карадарья — Андижанского водохранилища. В бассейне правых притоков р. Сырдарьи на р. Чирчик построено Чирванское водохранилище и ГЭС, а на р. Ангрэн — Туябугузское водохранилище. Вблизи г. Ленинабада на р. Сырдарья создано вместе с ГЭС Каракумское водохранилище, а на территории Южного Казахстана — Чардаринское водохранилище.

Многолетнее регулирование поверхностного стока р. Сырдарьи позволило повысить эффективность использования водных ресурсов и подать воду на новые оросительные системы с помощью крупных ирригационных каналов: Большого, Южного и Северного Ферганского, Большого Андижанского и Наманганского, Южно-Голдностепского, Арыс-Туркестанского и канала им. Кирова.

Такой большой объем ирригационного и гидротехни-

ческого строительства обеспечил освоение ускоренными темпами больших по площади целинных земель под хлопководство в пределах Ферганской долины, Голодной степи и в нижнем течении р. Сырдарьи (в Казахстане).

Хлопковая база нашей страны получила, таким образом, новый прочный земельный фонд, где на базе искусственного орошения выращиваются высокие устойчивые урожаи «белого золота».

По существу хлопководство в республиках Средней Азии в результате коренных преобразований поверхностного и подземного стока поднято на новую ступень своего развития. Усилия хлопкоробов в этом отношении увенчались значительными успехами. В нашей стране теперь ежегодно собирается хлопка-сырца более 8 млн. т в год. Большое значение в решении этой проблемы имеют ресурсы подземных вод. В маловодные по водности годы, когда в реках, а следовательно и водохранилищах, расход воды резко снижается, для полива хлопковых плантаций используются ресурсы пресных подземных вод. В одном только Узбекистане для этой цели на площадях крупных оросительных систем сооружено более 3 тыс. буровых скважин, способных подать воду на хлопковые поля.

Простой перечень крупных водохозяйственных объектов показывает, что в бассейне р. Сырдарьи коренным образом нарушен исторически сложившийся естественный режим поверхностного и подземного стока на огромной территории. Рукой человека создана новая искусственная речная сеть, новый режим стока, в том числе и формирование стока подземных вод.

Продолжается крупное строительство водохозяйственных объектов и в бассейне р. Амударьи. В верхней части бассейна завершается строительство крупного Нурекского водохранилища и ГЭС на р. Вахш в Таджикистане. Зарегулированный поверхностный сток позволил освоить новые земельные массивы под орошение хлопковых плантаций в Вахшской и Яванской долинах. Южные районы республики, как известно, славятся своим тонковолокнистым хлопком — ценным сырьем для текстильной промышленности.

Завершается строительство третьей очереди крупного объекта — Каракумского ирригационно-обводнительного канала, с помощью которого будет осуществлена пере-

броска на значительное расстояние Амударьинской воды в засушливые районы Туркмении.

Туркменская республика, очень бедная водными ресурсами, с вводом в эксплуатацию Каракумского канала по существу возродила свою хлопковую базу. Новые основные земли, расположенные вдоль Каракумского канала, позволили туркменскому народу удвоить сбор хлопка-сырца.

Воды Амударьи поят и крупный Каршинский канал в Западном Узбекистане. В этом ранее пустынном районе осваиваются новые земли под хлопководство Каршинской степи. Сбылась вековая мечта узбекского народа о воде.

На базе использования поверхностных вод р. Волги, зарегулированных в системе крупных водохранилищ, осуществляется строительство и освоение крупных ирригационно-обводнительных каналов и новых оросительных систем в Заволжье с целью дальнейшего развития зерновой базы нашей страны. Более подробно эта проблема изложена в специальном разделе настоящей главы.

Наиболее интенсивно водохозяйственное строительство развивается в бассейне р. Днепра. Поверхностный сток воды зарегулирован здесь целым каскадом водохранилищ в энергетических целях, а также в целях орошения, обводнения и коммунального водоснабжения. Каскад состоит из Каховского, Днепродзержинского, Кременчугского и Киевского водохранилищ. В низовьях реки построены Каховская ГЭС и крупное равнинное одноименное водохранилище, откуда берет свое начало новый магистральный Северо-Крымский канал. На базе днепровской воды вдоль прилегающих к каналу площадей осваиваются под орошение новые, ранее пустынные земли. Степной Крым таким путем преобразуется в крупный оазис поливного земледелия и садоводства. Канал пущен в эксплуатацию совсем недавно, а уже сейчас заметно его влияние на культурное преобразование степи.

В связи с вводом в эксплуатацию Северо-Крымского канала необходимо решить две очень важные проблемы в области гидрогеологии. Первая из проблем состоит в том, чтобы переключить ранее использованные ресурсы подземных вод для орошения на нужды коммунального водоснабжения городов-курортов Горного Крыма. Решение этой проблемы позволит значительно улучшить хозяйст-

венно-питьевое водоснабжение объектов знаменитой курортной зоны нашей страны.

Вторая проблема заключается в разработке прогноза водно-солевого режима на новых поливных землях, где подъем уровня грунтовых вод в процессе орошения может привести к вторичному засолению почв и заболачиванию территории.

Регулирование многолетнего поверхностного стока р. Днепра, кроме того, позволило на юге Украины освоить под орошение новые, ранее засушливые земли. В связи с завершением строительства Большого Ставропольского канала открываются реальные перспективы развития орошаемого земледелия на землях южных районов РСФСР.

Завершается строительство крупных горных водохранилищ и гидроэлектростанций на Кавказе — Ингурской и Черкесской.

В соответствии с решением партии и правительства в большом объеме проводятся работы по осушению и орошению земель Нечерноземной зоны европейской части РСФСР. По своему содержанию водохозяйственное строительство в этой зоне направлено на повышение эффективности сложившегося в этом крупном районе нашей страны сельского хозяйства, улучшения условий коммунального водоснабжения городов, рабочих поселков и промышленных объектов.

Проводятся проектно-изыскательские работы по решению крупнейшей проблемы века — переброске сибирских рек в Арало-Каспийский бассейн, а северных рек европейской части РСФСР — в бассейн р. Волги.

В большом объеме в городах нашей страны осуществляется строительство метрополитена, с которым также связана водохозяйственная деятельность. Кроме Москвы, подземные дороги построены и продолжают развиваться в г. Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку. Осуществляется строительство метрополитена в г. Ташкенте и предусматривается строительство его и в других городах Советского Союза.

Следовательно, осуществление проектов строительства подземной дороги требует к себе очень внимательного отношения и всестороннего подхода к оценке возможных изменений природной среды непосредственно в четыре города. При этом важно при осушении водоносных пород

своевременно прогнозировать развитие гидрогеологических процессов. Нельзя при этом допускать их отрицательного воздействия при эксплуатации подземных сооружений на окружающую среду.

Как видно из неполного перечня различных по своему содержанию хозяйственных объектов, в некоторых областях Советского Союза создается рукотворная вторая природа.

Вместе с этим накопленный опыт водохозяйственного строительства показывает, что осуществление различных аспектов этой многогранной проблемы должно производиться на глубокой научной основе.

В этом случае можно предотвратить отрицательное воздействие на окружающую среду некоторых процессов и обеспечить, таким образом, преобразование природной среды без «издержек производства».

Опыт учит, что сама проблема строительства разнообразных водохозяйственных объектов и их влияния на окружающую среду по своему содержанию является комплексной. В ее правильном решении тесно переплетаются интересы многих наук. Именно поэтому водохозяйственное строительство всегда требует разработки комплексной научной основы. Только при этих условиях можно учесть интересы различных отраслей народного хозяйства, обеспечить в необходимых направлениях коренное изменение природных условий и избежать загрязнения и истощения окружающей среды.

В этом большом комплексе значительную роль играют гидрогеологические и инженерно-геологические основы строительства различных по содержанию водохозяйственных объектов. В некоторых из них, например в проблемах водоснабжения, подземные воды верхней части земной коры выступают как ценнейшее полезное ископаемое. В этом случае требуется не только обеспечить интенсивный отбор ее из недр, но и решить важные вопросы рационального использования, а также охраны от загрязнения.

В других случаях — при осушении заболоченных территорий или отработке месторождений полезных ископаемых — подземные воды препятствуют решению проблемы освоения объектов; при строительстве и эксплуатации требуются их откачка и удаление за пределы инженерных сооружений. При решении таких за-

дач необходимо своевременно прогнозировать возможное развитие гидрогеологических и инженерно-геологических процессов, которые могут отрицательно воздействовать на окружающую среду.

Ниже в специальных разделах главы рассмотрим некоторые важнейшие объекты водохозяйственного строительства нашей страны, роль и значение подземных вод в развитии производительных сил, а также в общем комплексе преобразования природных условий и окружающей среды.

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ЗАВОЛЖЬЕ

Заволжьем принято считать ту часть территории нашей страны, которая охватывает большую площадь между речья нижних течений рек Волги и Урала, начиная при-

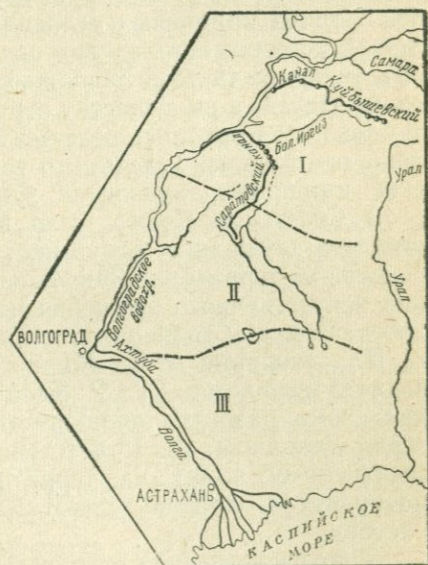


Рис. 29. Схема районирования Заволжья:

I—северная часть; II—центральная часть; III—южная часть

мерно от широты города Куйбышева и к югу до Каспийского моря (рис. 29).

С запада описываемая территория граничит с р. Волгой, сток которой зарегулирован системой крупных водо-

хранилищ (Волгоградское и Куйбышевское). В нижнем течении (южнее г. Волгограда) р. Волга образует широкую Волго-Ахтубинскую пойму, а при впадении в Каспийское море — большую современную дельту. В Заволжье имеются значительные площади пахотных земель и пастбищных угодий, которые ранее использовались для неполивного земледелия под зерновые культуры и развитие животноводства.

Вся территория этого региона характеризуется аридным климатом — жарким сухим летом, холодной зимой и сравнительно малым количеством выпадающих осадков.

Ресурсы поверхностных вод собственно территории междуречья являются весьма ограниченными. Степные реки Большой и Малый Узень, Красный Кут и другие уже не имеют постоянно действующих водотоков и не всегда доносят свой поверхностный сток до рек Волги и Урала (главным образом в весеннее время). Ресурсы подземных вод в сельском хозяйстве использовались слабо. В таких природных условиях урожайность зерновых при неполивном земледелии целиком зависела от погодных условий; часто в Заволжье возникали неурожайные годы, засухи, и по существу огромные массивы пахотных земель использовались неэффективно. Слабо были обводнены пастбищные угодья, что тоже снижало экономический потенциал в развитии животноводства.

В Советском Союзе было принято решение по коренному улучшению экономики земледелия и животноводства на территории Заволжья путем широкого внедрения искусственного орошения пахотных земель и более интенсивного обводнения пастбищных угодий.

На основании этого Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР была разработана Генеральная схема развития орошаемого земледелия на территории Заволжья. В соответствии с этой схемой по перспективному плану на территории Заволжья предусматривается орошение пахотных земель и обводнение пастбищ.

Водохозяйственное строительство в Заволжье, судя по общей перспективной площади орошения, имеет большое народнохозяйственное значение. Здесь на базе поливного земледелия по существу создается одна из крупнейших в нашей стране область зернового хозяйства и животноводства.

Орошение пахотных земель, согласно принятой схеме, будет производиться путем использования только поверхностных вод р. Волги, подача которых в оросительные системы произойдет с помощью магистральных ирригационных каналов. В настоящее время осуществлено строительство Куйбышевского и Саратовского ирригационных каналов. Запроектирован самый крупный ирригационно-обводнительный канал в Заволжье — Волго-Уральский, по которому волжская вода будет переброшена в бассейн р. Урал.

В настоящее время на территории Куйбышевской, Саратовской и Волгоградской областей, на землях Заволжья осуществлено строительство и находятся в эксплуатации опытные оросительные системы, освоение которых позволит внести некоторые коррективы в общую генеральную схему орошения земель этого края.

В Заволжье систематически проводятся гидрогеологические, инженерно-геологические и мелиоративные исследования. Главная задача комплексных исследований состоит в том, чтобы изучить природные условия и своевременно разработать для каждой оросительной системы прогноз водно-солевого режима орошения и обосновать необходимость строительства дренажных устройств. С помощью последних можно предупредить развитие процессов вторичного засоления почв на новых орошаемых землях. Именно вторичное засоление делает почвы непригодными к дальнейшему использованию, и по этой причине новые земли выходят из состава севооборота. Нередко подъем уровня грунтовых вод на орошаемых землях приводит к заболачиванию территорий.

Комплексные исследования показали, что территория Заволжья имеет очень сложные мелиоративно-гидрогеологические условия, и поэтому орошение земель должно осуществляться в строгом соответствии с рекомендуемым режимом эксплуатации. Несоблюдение этих требований может привести к отрицательным последствиям (вторичное засоление, заболоченность и др.).

Таким образом, орошение новых земель в Заволжье только поверхностными водами р. Волги потребует на площади большинства оросительных систем строительства дренажных сооружений уже в первые периоды их эксплуатации. В противном случае вторичное засоление почв будет очень быстро выводить из севооборота вновь

освоенные земли. В связи с этим на многих оросительных системах предусматривается строительство главным образом вертикального дренажа (откачка подземных вод для снижения уровня системой буровых скважин).

Однако преодолеть возникающее противоречие между эксплуатацией оросительных систем, базирующихся на использовании только поверхностных вод, и сложными процессами вторичного засоления почв можно и путем привлечения подземных вод непосредственно для орошения. Отбор подземных вод для орошения в данных конкретных гидрогеологических условиях Заволжья будет играть роль вертикального дренажа. Системой равномерно рассредоточенных по площади буровых скважин можно использовать подземные воды для орошения и тем самым обеспечить на необходимых площадях орошения снижение их уровня ниже критической глубины. Таким образом, будет предотвращено развитие процессов вторичного засоления почв — бича орошаемого земледелия.

В связи с этим большой практический интерес представляет проблема использования ресурсов пресных и подземных вод повышенной минерализации для орошения новых земель в Заволжье. Задача состоит в рациональном сочетании комплексного использования ресурсов поверхностных и подземных вод на орошение. В данных условиях — это не самоцель, а средство обеспечить наиболее рациональное и эффективное освоение новых земельных массивов.

В северной части Заволжья, которое охватывает юг Куйбышевской и Саратовскую области, комплексное использование ресурсов поверхностных и подземных вод для орошения целесообразно рекомендовать при освоении новых земель на площадях распространения первых трех террас р. Волги, ее притоков и степных рек. Именно в этих районах отмечается сравнительно близкое залегание подземных вод от поверхности. На площади этих террас можно отбирать подземные воды для орошения в количестве до 90 тыс. м³/сут, что в рациональном сочетании с поверхностными водами может обеспечить не только орошение земель, но и решение проблем предотвращения вторичного засоления почв.

Исследованиями было установлено, что в северной части Заволжья такой отбор подземных вод можно обеспечить за счет их ресурсов, которые формируются на пло-

щади молодых речных террас, а также на участке палео-Волги, обнаруженной буровой разведкой. В пределах древней, погребенной долины р. Волги формируется бассейн напорных подземных вод хорошего качества, которые с большим успехом могут быть использованы для орошения.

В центральной части Заволжья, охватывающей левобережную часть долины Волги от г. Энгельса до Волго-Ахтубинской поймы, подземные воды для орошения новых земель целесообразно использовать на площади молодых террас рек и вдоль левого берега р. Волги, фронтом примерно 20—30 км. На этой площади распространены подземные воды, вполне пригодные для орошения. По предварительным данным, на левобережье долины реки эксплуатационные ресурсы подземных вод достигают 70—80 тыс. м³/сут. Системой буровых скважин можно периодически отбирать указанное количество подземных вод на орошение и, таким образом, искусственно поддерживать их уровень на необходимой глубине от поверхности. Этим способом можно обеспечить рациональную эксплуатацию многих оросительных систем.

Южная область Заволжья — это площадь распространения Волго-Ахтубинской поймы. Этот особый гидрогеологический район в Заволжье характеризуется очень близким залеганием грунтовых вод от поверхности — всего 1—3 м и периодическим затоплением паводковыми водами. Поэтому проектом освоения новых земель здесь предусматривается комплексная их мелиорация с обвалованием участков на отдельных площадях.

Таким образом, становится очевидным, что проблема освоения новых пахотных земель в Заволжье в гидрогеологическом отношении может быть весьма успешно и эффективно решена путем рационального, комплексного использования ресурсов поверхностных и подземных вод. В связи с этим идея рационального использования водных ресурсов должна найти свое отражение в общей схеме освоения новых земель крупного сельскохозяйственного района нашей страны.

Использование местных ресурсов подземных вод для орошения в рациональном сочетании их с орошением новых земель поверхностными водами в значительной мере повысит эффективность эксплуатации оросительных систем в Заволжье. Выборочный отбор подземных вод бу-

дет играть роль вертикального дренажа, с помощью которого, помимо орошения, вполне возможно предотвратить развитие процессов вторичного засоления почв и заболоченности территорий.

Не следует забывать, что использование ресурсов подземных вод может решить и другую, не менее важную проблему для Заволжья — хозяйственно-питьевое водоснабжение населенных пунктов и обводнения пастбищ.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СВЯЗИ С ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РСФСР

Осуществляя дальнейшее развитие народного хозяйства нашей страны путем освоения новых районов, Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание коренной перестройке сельскохозяйственного производства на уже освоенных территориях. Основная задача водохозяйственного строительства на освоенных территориях состоит в повышении качества и эффективности сельскохозяйственного производства. Наиболее целесообразной в этом отношении оказалась область Нечерноземья, расположенная в центральной зоне европейской части Российской Федерации.

ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли в 1974 г. Постановление «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР». Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев, отмечая большое значение этого постановления, подчеркнул, что эта программа предусматривает проведение большого комплекса работ по улучшению земель на многих миллионах гектаров. Осуществление ее преобразует обширный край в центре нашей страны, будет способствовать дальнейшему подъему всей экономики.

Задача определена с предельной ясностью. Зона Нечерноземья занимает по территории огромную площадь. Этот экономический район имеет колоссальные потенциальные возможности, которые используются пока далеко не в полной мере.

Специалистами было подсчитано, что интенсификация сельского хозяйства и промышленности этой зоны значительно поднимет ее производительные силы, что по экономическому эффекту будет сравнимо с освоением новых крупных территорий.

Нечерноземная зона России представляет собой очень сложный комплекс богатейших природных ресурсов.

Здесь берут начало все крупные реки, направляющие свой сток на юг и на север: бассейны рек Волги, Двины, Печоры и др. В этой зоне расположены огромные лесные массивы, крупные залежи торфа. В климатическом отношении Нечерноземье характеризуется относительно устойчивым увлажнением, количество атмосферных осадков составляет здесь 500—600 мм в год (за исключением некоторых южных районов зоны), засухи здесь — явление редкое.

Очень красива русская природа Нечерноземья. Здесь много настоящих курортных мест, которые по своей красоте, лечебным и эстетическим свойствам несколько не уступают ландшафтам южных районов нашей страны: бассейн оз. Селигер, Валдай, водохранилища на р. Волге, канал Волга—Москва, подмосковные сосновые боры и многое другое. Нечерноземье — благодатный край для организации заповедников, а также зон массового отдыха трудящихся. Здесь расположены богатые сельскохозяйственные угодья, которые занимают площадь 52 млн. га, в том числе 32 млн. га пахотных земель.

В настоящее время на долю Нечерноземной зоны приходится около 17% всего производимого в РСФСР зерна, 95% — льна, 54% — картофеля, 43% — овощей, 40% — молока, 32% — мяса и др.

Следует также иметь в виду, что Нечерноземная зона РСФСР — важнейший индустриальный район нашей страны. Здесь сосредоточено 14 тысяч крупных промышленных предприятий, проживают 58 миллионов человек, или 44% населения Российской Федерации.

Территория Нечерноземья Российской Федерации богата ресурсами различных типов подземных вод. В этой зоне расположены крупнейшие в нашей стране артезианские бассейны: Московский, Северо-Западный (Ленинградский), Сурско-Хоперский (Мордовский), Северодвинский, Печорский и др.

Ресурсы пресных подземных вод широко используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов, рабочих поселков, промышленных центров и объектов сельского хозяйства. Очень широкое развитие здесь получили подземные воды повышенной минерализации, об-

ладающие высокими лечебными свойствами и используемые для курортного и внекурортного лечения.

Повсеместно на всей территории Нечерноземья распространены грунтовые воды, залегающие обычно неглубоко от поверхности и образующие переувлажненные и заболоченные площади. Здесь очень отчетливо прослеживается географическое распространение грунтовых вод по условиям их залегания и химическому составу. Оно подчиняется естественно-исторической зональности, установленной еще В. В. Докучаевым для почв и растительности.

По данным В. С. Ильина и О. К. Ланге, в этом регионе можно выделить четыре зоны распространения грунтовых вод.

Значительная часть площади Нечерноземья характеризуется близким залеганием от поверхности грунтовых вод. Именно поэтому мелиоративные работы в связи с дальнейшим развитием народного хозяйства приобретают важное значение. Исследованиями было установлено, что между грунтовыми и артезианскими водами на многих участках Нечерноземья существует прямая гидравлическая связь. Поэтому режим (изменение во времени уровня, температуры и др.) грунтовых вод предопределяется влиянием напорных подземных вод артезианских бассейнов. Это гидрогеологическое положение является очень важным при прогнозной оценке выбора осушительных систем.

Несмотря на такие естественные богатства, широкое использование природных ресурсов Нечерноземья в известной мере сдерживалось рядом причин — низким естественным плодородием почв, их переувлажненностью, заболоченностью земель и пр.

Теперь в Нечерноземной зоне РСФСР начаты работы по коренной перестройке сельскохозяйственного производства, по подъему экономики народного хозяйства богатейшего района нашей страны.

В принятом постановлении отмечено, что основным звеном ускоренного подъема сельского хозяйства Нечерноземья является мелиорация земель. Проведение осушительных работ на этих участках позволит значительно повысить производство сельскохозяйственных культур. Всего планируется осушить территории на площади 9—10 млн. га, в том числе с помощью наиболее прогрессивного метода (закрытым горизонтальным дренажем)

около 7—8 млн. га. В таком масштабе закрытый дренаж у нас в стране будет освоен впервые.

В нечерноземной зоне требуется также проводить орошение земель, особенно в южной ее части. Орошение на площади 2—2,5 млн. га необходимо осуществить для развития овощеводства вокруг промышленных центров, а также для создания культурных пастбищ.

Таким образом, в Нечерноземной зоне РСФСР для ускоренных темпов подъема сельскохозяйственного производства и дальнейшего развития других отраслей народного хозяйства осуществляется большой комплекс водохозяйственного строительства: 1) осушение заболоченных и переувлажненных земель; 2) орошение части земельных массивов; 3) обводнение пастбищных угодий; 4) хозяйственно-питьевое водоснабжение городов, рабочих поселков и сельскохозяйственных объектов.

В решении всех перечисленных выше проблем первостепенное значение принадлежит подземным водам.

Выше отмечалось, что Нечерноземье в естественно-историческом отношении представляет собой удивительно сложный природный комплекс. Здесь особенно ярко проявляется единство природных ресурсов и их влияние на прилегающие территории. Именно поэтому преобразование окружающей среды, необходимое в связи с дальнейшим развитием производительных сил Нечерноземья, требует разработки самой тщательной, комплексной и глубокой научной основы.

Необходимо разработать строго продуманный порядок и масштабы эксплуатации различных видов природных ресурсов, который бы полностью исключал нанесение ущерба тем или иным отраслям народного хозяйства и обеспечивал охрану окружающей среды. Следует избегать чрезмерного осушения, которое меняет окружающую среду и отрицательно влияет на культуру землепользования. Мелиораторы нередко слишком односторонне подходят к проблеме осушения заболоченных земель, понимая эти мероприятия как инженерно-техническую задачу. При таком подходе подземные воды рассматриваются как враг номер один, от которого следует избавляться всеми силами и средствами, забывая при этом конечную цель проблемы—рост урожайности всех культур и сохранение лесного богатства. Справедливо в этом отношении отметил Н. Образов (1974 г.): «Мелиорация—

это не просто осушение и орошение земель. Ее главное назначение — создать в осушительно-увлажнительных системах наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, для всей хозяйственной деятельности человека».

Для правильного решения задачи по осушению земель Нечерноземья необходимо хорошо знать по каждому конкретному району режим уровня подземных вод, изменение глубины залегания его во времени, а также иметь данные по прогнозу этого режима в новых, нарушенных волей человека условиях.

В настоящее время различные ведомства проводят на территории Нечерноземья исследования по изучению режима подземных вод. Однако в связи с поставленными новыми задачами объема этих исследований явно недостаточно.

В связи с этим возникает острая необходимость усилить на площади Нечерноземья густоту наблюдательной сети для более широкого и всестороннего изучения режима уровня подземных вод, расходов родников, отдельных мелких рек и др. Такая массовая гидрогеологическая информация будет способствовать более обоснованному решению проблем по осушению и орошению земель.

В настоящее время для научного обоснования коренного преобразования природных ресурсов в интересах дальнейшего развития производительных сил на территории Нечерноземья различными организациями планомерно проводится большой комплекс исследований. В этом направлении целесообразно в первую очередь обобщить уже накопленный опыт мелиорации земель и использование подземных вод этого региона, чтобы избежать ошибок в природопользовании.

В большом комплексе работ особое место занимают гидрогеологические исследования, поскольку подземные воды являются ведущим природным фактором, предопределяющим решения различных аспектов общей проблемы ускоренного роста сельскохозяйственного производства Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Главным направлением гидрогеологических исследований в этом отношении является разработка долгосрочного прогноза режима различных типов подземных вод, а также рациональных условий их эксплуатации для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и других

нужд. В связи с этим целесообразно по всей территории Нечерноземья составить сводные, а по бассейнам мелких рек комплексные прогнозные гидрогеологические карты. Такие карты вместе с комплексной информацией (по подземным водам, почвам, гидрологии малых рек, лесному хозяйству и др.) могут быть положены в основу конкретного проектирования мелиоративных мероприятий.

Большое внимание необходимо уделить рациональному использованию ресурсов пресных подземных вод преимущественно для разрешения проблем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Чтобы научно обоснованно решить и эту задачу, важным документом будет являться прогнозная карта эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод территории Нечерноземья (в необходимом масштабе). На этой карте целесообразно учесть не только ресурсы подземных вод и их потребность для водоснабжения отдельных объектов, но и предусмотреть возможное влияние планируемого интенсивного водоотбора на режим родников. Такие прогнозные задачи можно решить с помощью современной электронно-вычислительной техники.

В связи с дальнейшим подъемом экономики Нечерноземья и повышением жизненного уровня трудящихся очень важными являются исследования по изучению и использованию ресурсов лечебных подземных вод не только для курортного строительства, но и для организации непосредственно в городах, рабочих поселках, в совхозах и колхозах массового внекурортного лечения трудящихся.

Выше отмечалось, что лечебные подземные воды, обладающие высокими бальнеологическими свойствами, на территории Нечерноземья по существу имеют повсеместное распространение, залегая на различной глубине от поверхности земли (от 500—800 до 1200—1500 м). Такие исключительные природные богатства позволяют в дальнейшем в широких масштабах использовать лечебные подземные воды.

Опыт организации внекурортного лечения в городах Москве, Липецке, Звенигороде, Великих Луках, Вологде, Чебоксарах, Иванове и других показывает, что лечебные подземные воды с помощью буровой скважины можно вывести на поверхность непосредственно на территории действующих городских, районных или сельских лечебных заведений. Это позволяет без больших дополнительных

затрат построить ванное отделение действующей лечебницы и организовать таким образом профилактическое лечение трудящихся.

Ресурсы лечебных подземных вод используются и для курортного лечения. В этом отношении можно упомянуть некоторые курорты Нечерноземья: Старая Русса, Солнечногорск, Сестрорецк, Дорохово, Помострово, Сольвычегодск, Хилово, Тотьма, Кашин и другие, которые пользуются широкой известностью среди местного населения.

Министерству здравоохранения РСФСР совместно с заинтересованными организациями на местах целесообразно разработать перспективную плановую заявку на бурение скважин для вскрытия минеральных подземных вод с целью организации на территории Нечерноземья курортного лечения.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕБРОСКИ СТОКА СИБИРСКИХ РЕК В БАСЕЙН АРАЛЬСКОГО МОРЯ

В современную эпоху научно-технического прогресса возникла необходимость долгосрочного прогноза развития всех отраслей народного хозяйства.

Разработка долгосрочного прогноза развития нашего хозяйства позволила специалистам установить, что к 1985 г. в районах Среднеазиатских республик и юго-западном Казахстане, т. е. в районе основной хлопковой базы СССР — местные ресурсы (реки Сырдарья и Амударья) по существу будут полностью исчерпаны. Между тем земельные ресурсы указанного региона позволяют рассчитывать на дальнейший рост орошаемого земледелия, что важно для перспективного развития экономики не только республик Средней Азии, но Союза в целом.

Общая площадь бассейна Аральского моря, в пределах которой расположены речные системы рек Амударьи и Сырдарьи, достигают 2,5 млн. км², а общая площадь земель, пригодных к орошению, составляет 34,2 млн. га. Из них освоено около 20%. Представляется, таким образом, возможность дальнейшего освоения орошаемых земель, главным образом под хлопчатник. В связи с этим были произведены расчеты, согласно которым для дальнейшего развития орошения и водоснабжения, а также обводнения пастбищ потребуются дополнительные водные ресурсы в количестве примерно 25—30 км³ в год.

Одновременно с этим возникает важная проблема сохранения усыхающего Аральского моря, которое является вторым в СССР по величине бессточным водоемом и славится богатством рыбы. Впадающие в Аральское море реки Сырдарья и Амударья зарегулированы водохранилищами. Как отмечалось ранее, воды их разбираются на орошение системой крупных каналов. В связи с этим резко уменьшилось питание моря, уровень которого стал понижаться. Таким образом, потребуется компенсация изъятого стока двух крупных рек для питания Аральского моря.

Были разработаны предварительные проектные соображения — удовлетворить созданный дефицит водных ресурсов республик Средней Азии и юго-западного Казахстана путем переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря. Предполагается перебросить 45—50 км³ воды в год или до 1600 м³/с. Это будет крупная река, созданная трудом человека. Такую грандиозную по замыслу и сложную в гидротехническом отношении схему переброски сибирских рек предполагается осуществить по следующей принципиальной схеме. С помощью двух каналов — Бийск-Семипалатинск и Камень-на-Оби — Павлодар сначала будет переброшена часть поверхностного стока из р. Оби в Иртыш для пополнения его расхода. Затем в районе г. Тобольска с помощью мощных насосных станций вода будет подаваться в крупнейший Обь-Каспийский магистральный канал протяженностью более 2500 км.

Предполагается, что трасса этого канала пройдет по площади так называемого Тургайского прогиба, выйдет в низовья Сырдарьи и Амударьи и далее, пройдя по территории Западной Туркмении, сольется с известным и построенным в настоящее время Каракумским каналом. В районе г. Тургая намечается построить ответвление от главного магистрального канала — канал Тургай-Уральск, предназначенный для орошения земель Западного Казахстана, а также для подачи воды в промышленный район г. Шевченко на Мангышлаке.

По трассам всех каналов проектируется целая система водохранилищ-накопителей для промежуточной аккумуляции стока в невегетационные периоды (Минбулакское, Арыское, Эмбенское и др.). Предусматривается также периодический сброс поверхностных вод из маги-

стрального канала в Аральское море для поддержания его режима.

Учитывая сложность осуществления намечаемого грандиозного по своим масштабам гидротехнического и ирригационного строительства по переброске части стока сибирских рек в Среднюю Азию, в настоящее время разрабатывается несколько вариантов выбора трасс магистральных каналов. Это позволит методом сравнения выбрать наиболее оптимальный вариант.

Что же представляет собой в гидрогеологическом отношении огромная территория намечаемого гидротехнического и ирригационного строительства? На площади Западной Сибири трассы каналов между реками Обь и Иртыш пересекут большой бассейн пестрых по минерализации грунтовых вод Кулундинской степи, а также Прииртышский артезианский бассейн пресных вод с довольно крупными ресурсами. Вся территория Тургайского прогиба, расположенная между Тобольском и Тургаем, характеризуется развитием преимущественно соленых подземных вод Тургайского бассейна. В некоторых частях бассейна распространены пресные подземные воды. Далее на запад трассы магистральных каналов пересекут площади Сырдарьинского, Амударьинского и Западно-Туркменского артезианских бассейнов, а также потоки грунтовых вод, идущие вдоль крупных среднеазиатских рек.

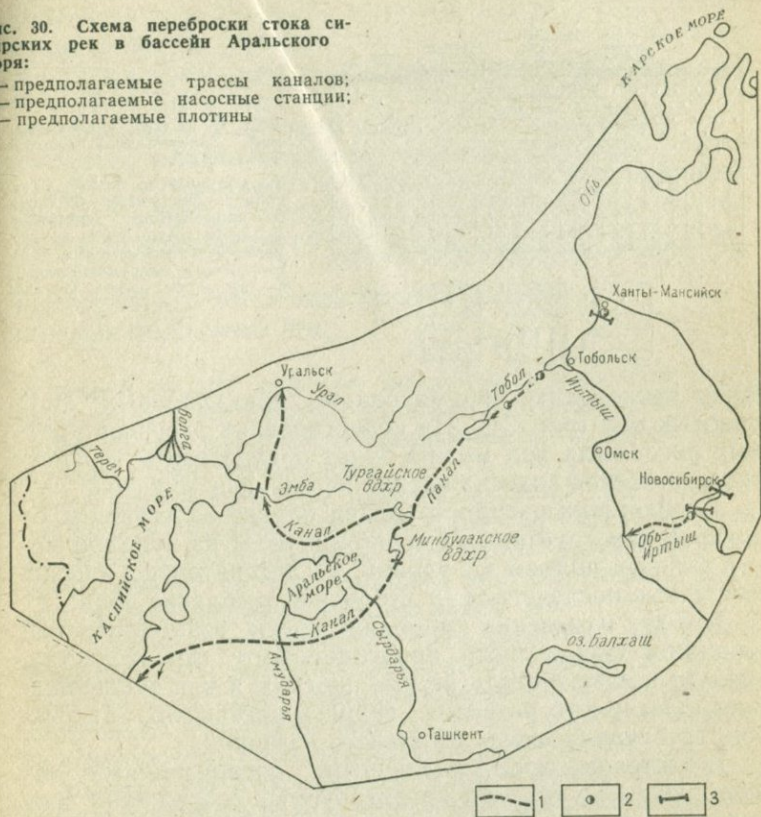
Уральско-Обская часть канала будет проходить по пустынным районам Западного Казахстана и пересечет систему мелких артезианских бассейнов с подземными водами повышенной минерализации. Кроме Сырдарьинского бассейна, на площади вышеперечисленных артезианских бассейнов в напорных горизонтах формируются преимущественно соленые воды; ресурсы их изучены слабо.

Как видно из краткого описания схемы, намечаемая переброска части стока рек Сибири в Среднюю Азию может существенно повлиять на коренное изменение целого комплекса природных факторов, формирующих окружающую среду крупной аридной зоны СССР (рис. 30).

Прежде всего произойдут изменения в сторону улучшения климатических и ландшафтных условий на площади большого региона. Вдоль магистральных каналов и вокруг водохранилищ будут созданы крупные оазисы;

Рис. 30. Схема переброски стока сибирских рек в бассейн Аральского моря:

- 1 — предполагаемые трассы каналов;
 2 — предполагаемые насосные станции;
 3 — предполагаемые плотины



обширная аридная область СССР преобразуется в зону орошаемого земледелия и устойчивых пастбищных угодий. Экономика края будет коренным образом преобразована.

Гидрогеологические процессы будут развиваться своеобразно. Вдоль трасс ирригационных каналов и на участках водохранилищ произойдет значительное улучшение условий питания всех типов подземных вод за счет инфильтрации поверхностных вод из каналов, водохранилищ и поливных земель. Это означает, что произойдет опреснение соленых вод водоносных горизонтов, распространенных в сфере влияния всего комплекса водохозяйственного строительства.

Как показывает опыт эксплуатации ирригационных сооружений, вдоль каналов под влиянием инфильтрации

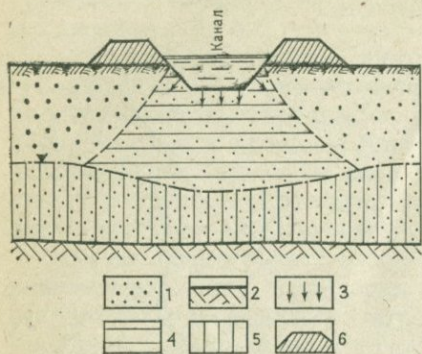


Рис. 31. Схема формирования приканальной линзы пресных вод:

1 — водоносные пески; 2 — водонепроницаемые породы; 3 — направление фильтрационных потерь воды из канала; 4 — линза пресных вод; 5 — соленые подземные воды; 6 — насыпные дамбы канала

будет происходить формирование приканальных линз пресных вод (рис. 31). На использовании ресурсов пресных подземных вод можно будет организовать хозяйственно-питьевое водоснабжение населенных пунктов.

На площади распространения близко залегающих от поверхности грунтовых вод потери воды из каналов могут вызвать подъем их уровня, а следовательно, и нежелательные последствия — вторичное засоление почв.

Все эти изменения природной среды, возможные под влиянием грандиозного ирригационного строительства, следует рассматривать не как прогноз, а как тенденцию предполагаемого развития гидрогеологических процессов, требующих очень детального изучения.

В настоящее время различными организациями нашей страны по трассам проектируемых сооружений проводится первый этап комплекса разнообразных исследований, в том числе и гидрогеологических. Необходимо по результатам комплексных работ составить различные прогнозные карты — географические, геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические и другие, в которых нашли бы отражение возможные изменения природных условий и окружающей среды. Результаты этих исследований вместе с прогнозными картами будут положены в основу разработки всестороннего научного обоснования общей проблемы переброски части стока сибирских вод в бассейн Аральского моря. Важно также разработать мероприятия по предотвращению возможного отрицательного воздействия некоторых процессов на окружающую среду, в том числе на тепловой режим в нижнем течении р. Оби.

Перспективным планом и генеральной схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов предусматривается осуществление целого ряда крупных водохозяйственных проектов: переброски части стока рек Печоры и Вычегды в бассейн Волги с целью поддержания режима Каспийского моря; водохозяйственное строительство в зоне Байкало-Амурской железнодорожной магистрали; регулирование стока в бассейне Западной Двины; завершение строительства каскада водохранилищ и гидроэлектростанций на реках Сибири и Кавказа.

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ЗАПАСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В нашей стране возросла потребность в пресной воде. Объясняется это высокой санитарно-гигиенической культурой нашего народа и значительным улучшением жизненного уровня трудящихся.

Во многих городах и рабочих поселках построено и продолжает развиваться централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение. Из общего количества воды, потребляемой на коммунальное водоснабжение, около 40% приходится на подземные воды.

Поскольку потребность в воде постоянно возрастает, а водные ресурсы распространены по площади неравномерно, проблема централизованного водоснабжения населенных пунктов должна решаться путем комплексного использования поверхностных и подземных вод.

Однако при этом не менее важным резервом является искусственное воспроизводство запасов пресных подземных вод. Можно использовать естественные емкости горных пород для нагнетания туда или свободного перелива поверхностных вод с помощью специальных сооружений. Таким искусственным путем, трансформируя поверхностный сток рек и других водоемов, можно создать в необходимом количестве запасы пресных вод и подготовить их для постоянной эксплуатации.

Выше неоднократно подчеркивалось, что при ускоренных темпах развития современной научно-технической революции воспроизводство различных природных ресурсов в необходимых масштабах является неотъемлемой частью общего развития производительных сил страны.

Проблема искусственного воспроизводства запасов подземных вод является комплексной. По своему содержанию она состоит из трех крупных разделов: 1) геологического и гидрогеологического обоснования (включая и изучение источника восполнения); 2) технологии воспроизводства и ее физико-химической и биологической основы; 3) технических средств для решения поставленной задачи.

Каждый из указанных разделов, хотя и требует проведения самостоятельных и специальных исследований, должен быть тесно между собой увязан и скоординирован. Таким образом, видно, что для решения задач по искусственному воспроизводству запасов должны быть привлечены специалисты различного профиля: геологи, химики, биологи, технологи, строители, монтажники и др.

В практике решения проблем искусственного воспроизводства запасов пресных подземных вод могут быть намечены два основных направления: а) пополнение эксплуатационных запасов пресных подземных вод непосредственно на площади действующих водозаборных сооружений и б) магазинирование (складирование) поверхностного стока рек в природные подземные емкости на новых площадях, с последующим строительством водозаборного сооружения для эксплуатации искусственно созданных запасов пресных подземных вод.

На участках действующих водозаборных сооружений искусственное восполнение ресурсов подземных вод может быть осуществлено либо с целью предотвращения их истощения в продуктивном горизонте, либо с целью дальнейшего расширения водозабора и увеличения общей его производительности в связи с заявленной дополнительной потребностью в воде.

Этот процесс можно назвать воспроизводством ранее израсходованных запасов подземных вод.

Искусственное воспроизводство запасов подземных вод на конкретных эксплуатационных участках в экономическом отношении является весьма эффективным. Используя поверхностные воды в качестве источника питания, при небольших дополнительных разведочных работах и капитальных затратах можно значительно увеличить общий дебит водозаборного сооружения (в 2—3 раза), что очень важно для практики.

Искусственное воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод на действующих водозаборах обычно определяется следующими основными факторами: 1) условиями залегания и распространения продуктивного водоносного горизонта на участке водозабора (глубина залегания продуктивного горизонта, мощность водоносных пород и характеристика их проницаемости); 2) наличием вблизи действующего водозабора источника воспроизводства запасов подземных вод (поверхностные воды реки, водохранилища, ирригационного канала и др.); 3) режимом работы водозабора и техническим состоянием сооружений; 4) литологическим составом, мощностью и водонепроницаемыми свойствами горных пород зоны аэрации; 5) наличием заявленной дополнительной потребности в воде или наметившейся тенденции истощения продуктивного водоносного горизонта.

Для всех направлений искусственного создания эксплуатационных подземных вод очень важным фактором является качество (цвет, мутность, содержание органических веществ и др.) и соответствующая санитарно-бактериологическая подготовка источника восполнения. Изучение качества источника восполнения и составляет один из основных разделов проблемы.

В нашей стране и за рубежом имеется опыт воспроизводства запасов грунтовых вод. В таких случаях на водозаборном участке производится строительство питающих или так называемых инфильтрационных бассейнов или траншей; искусственное питание можно также осуществлять путем периодического затопления поверхностными водами площади влияния действующих эксплуатационных скважин; в некоторых случаях для питания продуктивного горизонта могут быть пробурены отдельные нагнетательные скважины.

Во всех этих способах происходит искусственная трансформация поверхностного стока в подземный.

В части искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов напорных вод, которые часто залегают на большой глубине (200—300 м и более), накоплен пока небольшой опыт. Для данных условий по существу можно использовать один способ — подачу источника восполнения в продуктивный горизонт через систему нагнетательных скважин, расположенных в сфере влияния водозаборного сооружения.

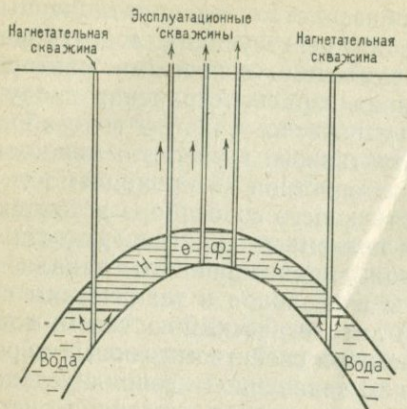


Рис. 32. Схема нагнетания воды в нефтеносные горизонты

В этом отношении можно использовать опыт, накопленный в нефтедобывающей промышленности СССР, где при эксплуатации нефтяных залежей применяются так называемые способы законтурного и внутриконтурного заводнения. Специалистами нефтедобывающей промышленности достаточно хорошо разработаны способы подготовки воды для нагнетания в глубокие водоносные горизонты (на глубину 1000 м и более), а также методы нагнетания (рис. 32).

Опыт нефтяников в этом отношении показывает, что для успешного осуществления искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов напорных вод необходимо решить следующие главные задачи: 1) выбрать оптимальную (для конкретных условий) конструкцию фильтров нагнетательных скважин; 2) изучить качество источника восполнения и 3) определить физико-химические основы технологии нагнетания.

Экономическая целесообразность и эффективность работ по искусственному воспроизводству запасов пресных подземных вод на участках действующих водозаборных сооружений обуславливается следующими факторами: а) наличием соответствующих коммуникаций, расширение или незначительная реконструкция которых не требует больших капитальных затрат; б) хорошей изученностью гидрогеологических условий участка водозаборного сооружения, в) накопленным опытом эксплуатации подземных вод; г) наличием объекта водоснабжения.

В связи с этим в значительной степени упрощается производство гидрогеологических работ для обоснования проблемы искусственного воспроизводства запасов подземных вод. Обычно такие исследования проводятся в рамках эксплуатационной разведки.

Таким образом, для участков действующих водозаборов довольно четко определяются основные факторы, условия применения и способы искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод, а также экономическая целесообразность проведения работ.

Несколько иные геолого-экономические и гидрогеологические условия и иная направленность исследований отмечаются для второго направления искусственного восполнения запасов подземных вод путем магазинирования поверхностного стока в подземных емкостях.

По своей направленности идея в этом отношении кажется очень простой. В самом деле, для некоторых районов Советского Союза, особенно в аридной зоне, с сухим и жарким климатом поверхностный сток малых рек, в том числе и весенние паводки, проходит очень быстро, кратковременно и практически не используется. Сток рассеивается и теряется в пустынных районах. В таких условиях целесообразно трансформировать его в подземные емкости земной коры (т. е. магазинировать) и затем с помощью водозаборного сооружения регулировать отбор искусственно созданных запасов подземных вод, с последующим периодическим восполнением.

Для решения таких задач необходимо: а) оценить геолого-структурные и гидрогеологические условия изучаемого района, выделить в нем перспективные площади, изыскать природную подземную емкость, надежный источник для магазинирования и изучить его характеристику (режим стока, качество поверхностных вод, физические и химические свойства и др.); б) иметь конкретных потребителей и заявленную потребность в воде; в) произвести в полном объеме работы по разведке перспективной площади, в том числе участка для размещения будущего водозаборного сооружения для размещения искусственно созданных подземных вод; г) выбрать для данных конкретных условий способ подачи поверхностных вод в подземную емкость; д) оценить экономическую целесообразность капитальных затрат на создание искусственных запасов подземных вод и дать сравнительную

оценку с другими возможными вариантами водоснабжения конкретного объекта.

Как видно из краткого перечня основных положений, решение проблемы магазинирования является довольно сложным и требует проведения в новых малоизученных районах большого комплекса геологоразведочных работ, в том числе выполнения в полном объеме стадийности разведки объекта.

Для того чтобы оценить возможные условия магазинирования подземных вод, в нашей стране проведены большие работы. По всем регионам СССР составлены прогнозные карты районирования отдельных территорий по условиям возможного применения магазинирования поверхностного стока в природные емкости земной коры. Такие карты, вместе с данными перспективного водопотребления, позволят в дальнейшем планировать необходимый комплекс специальных исследований для обоснования искусственного создания запасов пресных подземных вод методом магазинирования.

Накопленный в СССР (хотя и небольшой) опыт подтверждает вывод о том, что искусственное воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод на действующих водозаборных сооружениях является наиболее эффективным. Удачные решения в этом направлении были получены на некоторых водозаборах в Прибалтийских республиках. Так, удалось почти вдвое искусственно увеличить дебит действующего водозабора в долине р. Неман путем строительства дополнительной питающей траншеи (водозабора г. Каунаса). Аналогичные результаты были получены на водозаборах Балтозеро и Вингис.

С помощью искусственно создаваемых запасов подземных вод удачно решены проблемы водоснабжения Клайпеды и Даугавпилса.

Положительные и эффективные решения по искусственному воспроизводству эксплуатационных запасов подземных вод (путем строительства инфильтрационных бассейнов) на действующих водозаборах были получены в Сибири. Так, почти в два раза увеличена производительность абашевского водозабора в Новокузнецке; более чем в полтора раза возрос дебит красноярских водозаборов.

На Урале успешно работают с удвоенной производительностью водозаборы в Асбесте и Магнитогорске пу-

тем искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов.

Много лет бесперебойно действуют водозаборы с искусственным воспроизводством эксплуатационных запасов подземных вод и на Украине (Черновицкий, Ивано-Франковский, Инкерманский и др.).

Успешно работает ряд водозаборов в Казахстане и Узбекистане, дебит которых искусственно поддерживается значительной инфильтрацией периодически действующих паводковых вод малых рек (кынгырский, карагандинский водозаборы в Центральном Казахстане, боядырский водозабор в Южном Казахстане, сыпкинский водозабор в Западном Узбекистане и др.).

Завершается переоборудование действующих водозаборов городов Сочи и Туапсе, где проведенными исследованиями доказана возможность искусственным питанием в полтора раза увеличить их производительность, что очень важно для городов-курортов.

Как видно из приведенной характеристики создания искусственных запасов подземных вод, во всех вариантах решения проблемы всегда требуется источник питания — поверхностные воды, а следовательно, все мероприятия по искусственному воспроизводству запасов подземных вод наносят прямой ущерб поверхностному стоку. Это обстоятельство следует учитывать при прогнозной оценке комплексного использования и охраны водных ресурсов по бассейнам рек.

Искусственное воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод — это реальный путь значительного удовлетворения растущей потребности в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Такое направление работ в нашей стране целесообразно развивать в необходимых объемах.

БЕРЕГИТЕ ПРИРОДУ

Итак мы убедились в том, какое огромное значение для нашего народного хозяйства имеют ресурсы различных типов подземных вод. Обладая высоким качеством и возобновляемостью, пресные подземные воды играют существенную роль в разрешении проблем централизованного водоснабжения городов, рабочих поселков и объектов сельского хозяйства; они успешно используются и

для орошения земель. В маловодные годы, когда истощаются ресурсы поверхностных вод, подземные воды, как резервный источник массового орошения земель играют решающую роль в сохранении урожайности сельскохозяйственных культур.

Термальные подземные воды как носитель природного тепла земной коры обладают энергетической емкостью, они могут быть широко использованы в теплоснабжении рабочих поселков, курортных городов и сельскохозяйственных объектов, включая организацию различного назначения тепличных хозяйств.

Огромную роль в народном хозяйстве играют некоторые разновидности подземных вод, обладающих лечебными свойствами. Широкое распространение на территории СССР позволяет использовать их не только для курортного лечения в санаториях, но и для организации массового бальнеологического внекурортного лечения трудящихся непосредственно по месту их жительства.

Важное значение для отдельных отраслей народного хозяйства имеют промышленные подземные воды, содержащие в своем составе очень ценные полезные компоненты (иод, бром, литий, стронций, рубидий и др.), извлечение которых является экономически целесообразным.

Усилиями большого коллектива специалистов для всей территории Советского Союза удалось произвести прог-

Таблица 19

Прогнозные ресурсы различных типов вод СССР и степень их использования (по состоянию на 1971—1973 г.)

Типы подземных вод	Общие прогнозные ресурсы	Количество разведанных запасов	Фактически используется
Пресные	10 300 м ³ /с	900 м ³ /с	650 м ³ /с
Повышенной минерализации (содержание солей до 30 г/л)	245 м ³ /с	Не определялись	
Термальные:			
парагидротермы	90 тыс. т/сут	25 тыс. т/сут	12 тыс. т/сут
высокотемпературные	260 м ³ /с	1,5 м ³ /с	1,0 м ³ /с
Лечебные	Не оценивались	35 м ³ /с	10 м ³ /с

нозную оценку региональных ресурсов различных типов подземных вод (табл. 19).

Особую ценность для развития производительных сил нашей страны представляет возобновляемая часть подземных вод, главным образом пресные подземные воды, формирующиеся в верхней части коры в пределах так называемой зоны активного подземного стока.

Это неоценимое богатство природы необходимо охранять от истощения и загрязнения, бережно расходовать и выбирать научно обоснованные пути реального использования на перспективу.

Было сказано, что подземные воды, залегая в земной коре на различных глубинах от поверхности, вместе с реками, озерами, морями и океанами слагают единую водную оболочку Земли (поверхностную и подземную ее части). На этой основе академиком В. И. Вернадским был разработан важнейший научный принцип — единство и связь всех природных вод, распространенных на нашей планете.

Мы также убедились в том, что подземные воды, как часть гидрологического состава планетарной функции биосферы, в жизни человека играют особую роль, формируя вместе с другими компонентами природную среду. Преобразуя в глобальном масштабе природную обстановку, особенно в результате водохозяйственной деятельности, человек коренным образом изменяет структуру окружающей среды. В этом преобразовании немалая роль принадлежит подземным водам (вторичное засоление почв при орошении земель, заболоченность и подпор уровня подземных вод при гидротехническом строительстве и др.).

Таким образом, изучая наше богатство — подземные воды, мы сталкиваемся с необходимостью решения двух аспектов одной общей важнейшей проблемы современности: 1) разработки научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих более рациональное и эффективное использование ресурсов различных типов подземных вод на текущую и более отдаленную перспективу; 2) разработки научных основ и методов долгосрочного прогноза развития гидрогеологических процессов, возникающих при техногенном преобразовании окружающей среды, в том числе под влиянием водохозяйственного строитель-

ва, с тем чтобы избежать и предотвратить их отрицательные воздействия.

Относительно первого аспекта общей проблемы необходимо прежде всего принять меры к устранению неизбежных потерь подземных вод при самых различных видах их эксплуатации и использования. Неизбежные потери подземных вод, особенно при промышленном водоснабжении, достигают до 10—15% от общего объема их потребления. Большие потери допускаются при использовании подземных вод для орошения, а также при эксплуатации пресных и лечебных минерализованных подземных вод, вскрытых фонтанирующими буровыми скважинами. Объясняется это следующими причинами: неудовлетворительной конструкцией буровых скважин, отсутствием обустройства их устья задвижками, слабым контролем и др.

Борьбу с потерями целесообразно начинать с первого этапа разработки проекта, разведки и использования подземных вод, т. е. предусматривать эти мероприятия непосредственно в технологической схеме проводки скважин, эксплуатации и использования подземных вод, а также в проектах изучения режима подземных вод. При таких условиях задачу можно решить успешно.

Ликвидацию неизбежных потерь подземных вод при их использовании следует рассматривать как реальный путь частичного удовлетворения возрастающей потребности в воде, при том же уровне извлечения их из недр земли.

Рациональное использование природных водных ресурсов невозможно без коренного улучшения технологических схем производства в первую очередь тех видов промышленных изделий, на изготовление которых требуется значительное количество воды (так называемое водоемкое производство). Разработка новых технологических схем производства при минимальных затратах подземных вод или замкнутого цикла водоснабжения позволит по существу решить сразу две задачи — сократить потребление подземных вод и свести к минимуму количество токсичных промышленных отходов, т. е. устранить одну из главных причин загрязнения поверхностных и подземных вод.

Самое страшное зло в современную эпоху технического прогресса — это химическое и бактериологическое

загрязнение подземных вод. Восстановление качества загрязненных подземных вод — задача очень сложная и требующая обычно продолжительного времени; при этом не всегда ее можно решить положительно (например при содержании в водах устойчивых соединений). Борьбу с загрязнением поверхностных и подземных вод, так же как и борьбу с их неизбежными потерями, целесообразно начинать с момента проектирования новых технологических схем различного производства. Именно в этих схемах должны быть заложены основы, предупреждающие или полностью исключающие возможность загрязнения окружающей среды.

В этом отношении следует приветствовать усилие большой группы ученых, работающих в области поисков новых биологических безвредных для окружающей среды средств, применяемых для защиты растений от болезней и вредителей.

Подобный научный поиск следует провести и в совершенствовании технологических схем промышленного производства, с тем чтобы избежать токсичного воздействия различных промышленных стоков на окружающую среду обитания человека.

Разработать и внедрить в практику технологические схемы безотходного производства — вот стратегическое направление поисков путей, позволяющих полностью исключить загрязнение всех компонентов природной среды (воздуха, воды, биосферы).

Широкое привлечение современных достижений науки и техники позволит и эту задачу решить положительно.

Рациональное использование ресурсов подземных вод — это такие условия эксплуатации, которые полностью исключают истощение их запасов. Нельзя, например, при использовании пресных подземных вод допускать прогрессивную тенденцию осушения продуктивного водоносного горизонта на действующих водозаборных сооружениях без принятия мер по искусственному их восполнению. Опыт показывает, что с процессами наметившегося истощения запасов подземных вод на действующих каптажах успешно можно вести борьбу с помощью искусственного воспроизводства запасов, используя для этого специально подготовленные к инфильтрации поверхностные воды. Этот способ целесообразно внедрять

в практику еще и потому, что искусственное воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод на действующих водозаборах позволяет значительно увеличить их производительность.

По своему содержанию все перечисленные рекомендации скорее относятся к обеспечению рациональной эксплуатации и использованию подземных вод в будущем. А что же делать теперь, в обстановке эксплуатации различных типов подземных вод? Как в данных условиях обеспечить охрану их от загрязнения?

В этом отношении прежде всего целесообразно усилить всесторонний контроль за охраной подземных вод от загрязнения, обеспечить рациональное их использование на всех действующих водозаборах и строгое соблюдение на местах требований «Основ водного законодательства Союза СССР и союзных республик». Перечисленные мероприятия могут быть обеспечены при условии самых активных и решительных действий со стороны руководителей, хозяйственников, специалистов каждого предприятия.

В современных условиях охраны природы, когда в нашей стране действует в этом направлении ряд правительственных декретов и законов, руководители предприятий, учреждений, фабрик, заводов, совхозов и колхозов по существу находятся на переднем крае государственного общенародного фронта борьбы за сохранение окружающей среды обитания человека.

Чтобы контроль за охраной подземных вод от истощения и загрязнения был действенным, важно иметь еще и надежную гидрогеологическую информацию о режиме их эксплуатации. В первую очередь такую информацию необходимо иметь по участкам действующих подземных водозаборных сооружений, где отбирается значительное количество подземных вод либо для крупного централизованного водоснабжения, либо для орошения земель.

В связи с этим весьма целесообразно усилить существующую у нас в стране наблюдательную сеть за улучшением режима подземных вод на крупных водозаборах. Такие мероприятия обусловлены требованием «Основ водного законодательства СССР».

Организацию на водозаборных сооружениях наблюдательной сети для изучения режима эксплуатации под-

земных вод следует рассматривать как действенное мероприятие по обеспечению их рациональной эксплуатации.

Большая роль в деле обеспечения рационального использования ресурсов подземных вод принадлежит нашей общественности и в первую очередь добровольному обществу охраны природы.

Второй аспект общей проблемы, связан с долгосрочным прогнозом развития гидрогеологических процессов, возникающих при техногенном преобразовании окружающей среды и в первую очередь при водохозяйственном строительстве, требует решения прежде всего ряда теоретических проблем. Главная задача этого направления исследований состоит в разработке научных основ и методов предупреждения отрицательного воздействия гидрогеологических и тесно связанных с ними инженерно-геологических процессов на окружающую среду при преобразовании природных условий.

Эта главная задача по своему содержанию входит в общий комплекс условий природопользования, ибо нельзя отрывать от общего комплекса природных факторов окружающей среды подземные воды. Поэтому, естественно, теоретические вопросы второго аспекта проблемы должны опираться на общую теорию новой науки — природопользование.

Прогнозная оценка роли подземных вод в преобразовании природных условий, особенно при крупном водохозяйственном строительстве — это по существу теория предвидения, без которой нельзя обеспечить научно обоснованное развитие производительных сил. «Знать, чтобы предвидеть. Предвидеть, чтобы действовать» — этот афоризм принадлежит французскому философу XIX в. Огюсту Контю. В современную эпоху научно-технического прогресса это высказывание приобретает особое значение.

Прогнозирование — главная задача естественных наук, в том числе и гидрогеологии. Поэтому очень важно разработать научные основы и методы комплексного рационального использования и охраны водных ресурсов, одним из основных разделов которого является природопользование. Однако невозможно создать безупречную рукотворную природу без научного обоснования.

Таким образом, общегосударственная проблема — охрана природы и рациональное ее использование — ста-

вит перед учеными и специалистами ряд важных и не-
легких научно-технических задач.

Исследования в этом направлении проводятся в боль-
ших объемах.

Решение общетеоретических задач позволит правиль-
но регулировать взаимодействие человека и природы,
взаимодействие производительных сил и общества с при-
родными производительными силами и находит в каж-
дом конкретном случае оптимальные решения преобра-
зования природных условий в необходимых направлени-
ях и масштабах. На четвертой сессии Верховного Совета
СССР (восьмого созыва) заместитель Председателя Со-
вета Министров СССР В. Я. Кириллин отметил, что проб-
лема охраны и защиты природы в нашей стране являет-
ся делом всенародным.

Вместе с тем бережное отношение к богатствам Зем-
ли и ее недр и рациональное использование этих богатств
в интересах всего народа является законом нашего социа-
листического общества.

Беречь природу — значит приумножать богатства на-
шей Родины.

1. Алексеевский Е. Е. Перспективы развития мелиоративных работ в нечерноземной зоне. В кн.: «Проблемы развития сельского хоз. в нечерноземной зоне». М., «Колос», 1967, с. 26—75.
2. Арманд Д. Л. Нам и внукам. 2-е изд. М., «Мысль», 1966.
3. Алпатов А. М. Влагооборот в природе и его преобразование. Л., Гидрометеониздат, 1969, 322 с.
4. Банников А. Г. Международное сотрудничество в деле охраны природы. — «Природа», 1973, № 1, с. 78—79.
5. Бочевер Ф. М., Просняков В. И., Язвин Л. С. Подземные воды Москвы и Подмосковья. — «Журнал городского хозяйства Москвы», 1966, № 10, с. 26—29.
6. Будыко М. И. Климат будущего. — «Природа», 1971, № 6, с. 14—20.
7. Вендров С. Л. Проблемы преобразования речных систем. М., Гидрометеониздат, 1970, 235 с.
8. Вернадский В. И. История минералов земной коры. Том 2. История природных вод. Ч. I. Вып. 1. Гидрохимтехиздат, Л., 1933, 201 с.
9. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М., «Наука», 1965, 374 с.
10. Виноградов А. П. Введение в геохимию океана М., «Наука», 1967, 212 с.
11. Виноградов А. П. Технический прогресс и защита биосферы. — «Наука и жизнь», 1973, № 10, с. 4—10.
12. Виноградов А. П. Происхождение оболочек Земли. — «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1962, № 11, с. 3—17.
13. Гавриленко Е. С., Дерпгольц В. Ф. Глубинная гидросфера земли. Киев, «Наукова думка», 1971, 270 с.
14. Григорьев С. М. Роль воды в образовании земной коры. М., «Недра», 1971, 262 с.
15. Гидрогеология СССР. Сводный том. Вып. 4. Влияние производственной деятельности человека на гидрогеологические и инженерно-геологические условия. М., «Недра», 1973, 278 с.
16. Гофман К. Г., Лемешев М. О., Реймерс Н. Ф. Экономика природопользования (Задачи новой науки). — «Наука и жизнь», 1974, № 6, с. 12—18.
17. Дворов И. М. Глубинное тепло Земли. М., «Наука», 1972, 120 с.
18. Девис К., Дей Дж. Вода — зеркало науки. Л., Гидрометеониздат, 1964, 148 с.
19. Еланский Л. Н. О связи глубинной и поверхностной гидросферы Земли. — «Изв. АН СССР. Серия геологическая», 1964, № 9, с. 11—17.

20. Куражский Ю. Н. Очерки природопользования. М., Географиздат, 1960, 271 с.
21. Куделин Б. И. Подземный сток на территории СССР. М., Изд-во МГУ, 1966, 302 с.
22. Константинов Ф. В., Аксененюк Г. А. Человек и природа в эпоху научно-технической революции. — «Природа», 1971, № 10, с. 2—8.
23. Кутырин И. М., Беличенко Ю. П. Охрана водных ресурсов — проблема современности. Л., Гидрометеиздат, 1974, 121 с.
24. Ланге О. К. Гидрогеология. М., «Высшая школа», 1969, 364 с.
25. Ленкова А. Оскальпированная земля. М., «Прогресс», 1971, 284 с.
26. Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. — «Гидротехника и мелиорация», 1971, № 6, с. 92—104.
27. Львович М. И. Много ли пресной воды на Земле? — «Природа», 1973, № 5, с. 7—18.
28. Панадиани А. П. Проблемы мелиоративного устройства нечерноземной зоны. М., «Колос», 1974, 288 с.
29. Парсон Р. Природа предъявляет счет. Охрана природных ресурсов в США. М., «Прогресс», 1969, 566 с.
30. Плотников Н. И., Куделин Б. И. Антропогенные изменения гидросферы Земли и современные проблемы гидрологии. В кн.: Рациональное использование земной коры. М., «Недра», 1974, с. 43—51.
31. Плотников Н. И. Основные направления и содержание гидрогеологических работ для обоснования искусственного восполнения запасов подземных вод. — В кн.: Гидрогеологическое обоснование искусственного пополнения запасов подземных вод. Ротапринт. Ч. I. М., 1973, с. 4—16.
32. Плотников Н. И. Ресурсы подземных вод СССР и их использование в народном хозяйстве. Ротапринт ВСЕГИНГЕО. М., 1969, 74с.
33. Плотников Н. И. Ресурсы подземных вод СССР. — «Водные ресурсы», 1973, № 1, с. 140—150.
34. Рэне Коля. Проблемы воды. — В кн.: Будущее науки. М., 1970, с. 318—334.
35. Саваренский Ф. П. Гидрогеология. Изд-во ОНТИ, 1940, 213 с.
36. Сидоренко А. В. Человек — техника — Земля. М., «Недра», 1967, 65 с.
37. Сидоренко А. В. Основные проблемы взаимодействия человека и земной коры. — В кн.: Рациональное использование земной коры. М., 1974, с. 8—18.
38. Стронг М., Кунин В. Н. Природная среда — единое целое. — «Природа», 1973, № 5, с. 27—40.
39. Федосеев И. А. Гидросфера, ее границы и масса воды в ней. — «Изд. АН СССР. Серия географич.», 1974, № 2, с. 24—33.
40. Федосеев И. А. Развитие знаний о происхождении, количестве и круговороте воды на Земле. М., «Наука», 1967, 129 с.
41. Фурон Р. Проблема воды на земном шаре (пер. с французского). М., Гидрометеиздат, 1966, 254 с.
42. Шварц С. С. Экономические основы биосферы. — «Наука и жизнь», 1973, № 10, с. 4—10.

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА I. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЧЕЛОВЕК	19
Окружающая среда	20
Подземные воды и окружающая среда	27
Как возникла вода на нашей планете	30
Роль науки в рациональном использовании и охране природных ресурсов	32
Роль общественных организаций в охране окружающей среды	35
Что такое природопользование	36
ГЛАВА II. ПОВЕРХНОСТНАЯ ЧАСТЬ ВОДНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ	39
Строение гидросферы Земли	40
Ресурсы поверхностных вод суши	41
ГЛАВА III. ПОДЗЕМНАЯ ЧАСТЬ ВОДНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ	48
Типы подземных вод	48
Гипотезы происхождения подземных вод	59
О взаимосвязи подземных и поверхностных вод Земли	62
Сколько подземных вод на земном шаре	69
Современное потребление воды и обеспеченность на перспективу	74
Общие проблемы обеспечения пресной водой	78
ГЛАВА IV. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	84
Интенсивный отбор подземных вод из недр земли	86
Влияние осушения подземных сооружений на изменения окружающей среды	95
Комплекс водохозяйственного строительства в Москве	102
Строительство крупных водохранилищ и влияние их на режим окружающей среды	110
Влияние мелиорации земель на изменение качества окружающей среды	121
ГЛАВА V. РЕСУРСЫ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	132
Общие закономерности распространения ресурсов пресных подземных вод	132
Использование ресурсов пресных подземных вод	143

ГЛАВА VI. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ — ИСТОЧНИК ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	153
Природа внутреннего тепла Земли	154
Общие ресурсы природного тепла нашей страны	156
Практическое использование природного тепла земной коры	157
Перспективы на будущее	164
ГЛАВА VII. РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОЕКТАХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДЫ	167
Общие планы водохозяйственного строительства	167
Роль подземных вод в осуществлении водохозяйственного строительства в Заволжье	175
Гидрогеологические проблемы в связи с водохозяйственным строительством в Нечерноземной зоне РСФСР	180
Проблема переброски стока сибирских рек в бассейн Аральского моря	186
Искусственное воспроизводство запасов пресных подземных вод	191
Берегите природу	197
Список литературы	205

НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ПЛОТНИКОВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ — НАШЕ БОГАТСТВО

Редактор издательства Л. Г. КИТАЕНКО

Художник А. А. ЗУБЧЕНКО

Художественный редактор В. В. ЕВДОКИМОВ

Технический редактор А. Г. ИВАНОВА

Корректор К. С. ТОРОПЦЕВА

Сдано в набор 3/V 1976 г. Подписано в печать 8/VII 1976 г. Т-13068
 Формат 84×108¹/₂. Бумага № 3. Печ. л. 6,5 Усл. п. л. 10,92 Уч.-изд. л. 11,09
 Тираж 50 000 экз. Заказ № 656/5340—2 Цена 34 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
 Третьяковский проезд, 1/19

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома
 при Государственном комитете Совета Министров СССР
 по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
 Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

34 коп.

1819



НЕДРА

