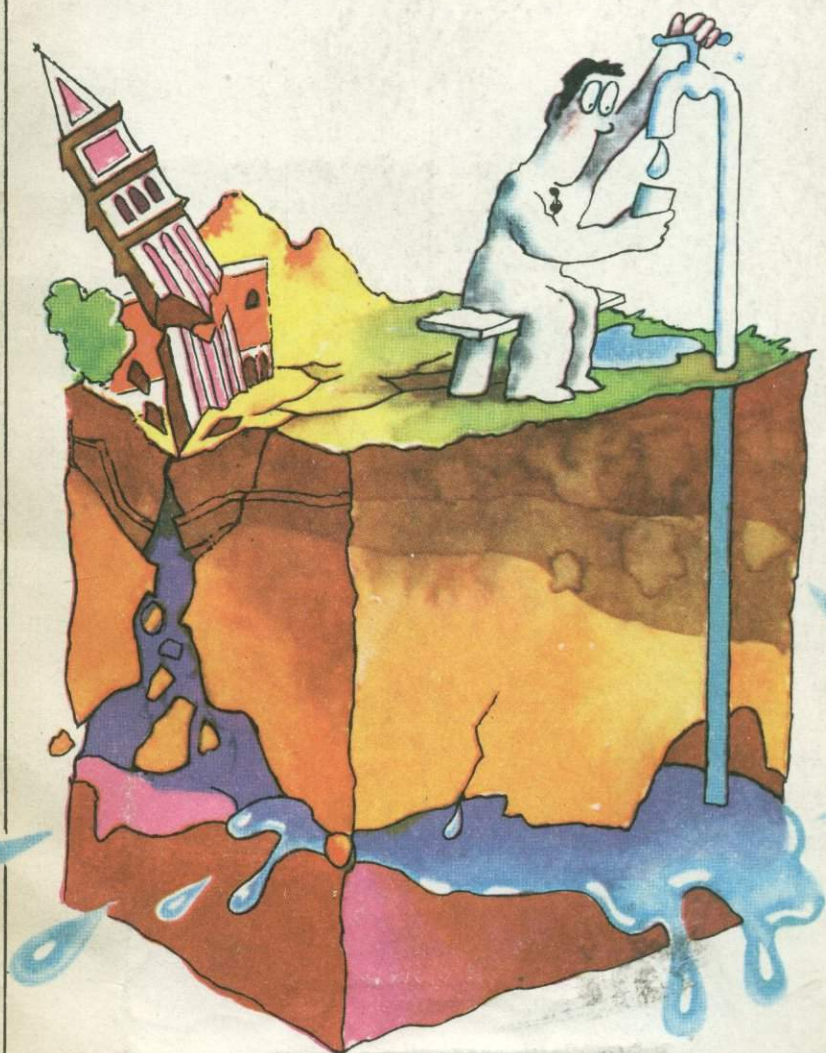


А. К. ЛАРИОНОВ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ





А. К. ЛАРИОНОВ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

2950

МОСКВА • НЕДРА • 1979



Ларионов А. К.

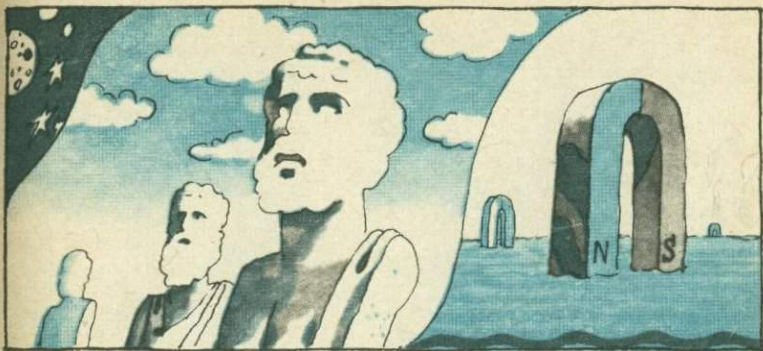
Л25 Занимательная гидрогеология. — М.: Недра, 1979.—
157 с., ил. 59

ИСБН

Автор в популярной форме знакомит читателя с основными элементами гидрогеологии и современными проблемами этой науки. Большое внимание уделяется охране подземных вод как одной из важных частей учения о сохранении природной среды.

Л 20806—418 97—79. 1 904 060 000
043(01)—79

556.3



А ЧТО ВЫ ЗНАЕТЕ О ВОДЕ?

Простая и странная, обыденная и загадочная

Струйка воды — такая привычная, такая повседневная, с ней никак не вяжутся определения «странная», «загадочная». Вода, которую мы каждый день пьем, в которой стираем, а дети пускают кораблики — что может быть более простым и ясным?

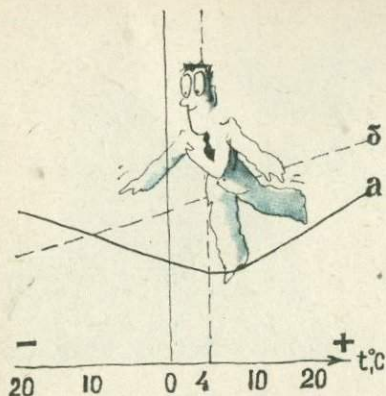
Уже в школе мы узнаем: вода — это жидкость, образованная скоплением молекул, состоящих из двух атомов водорода и одного атома кислорода, короче «аш два о». Как будто бы все очень просто. Однако уже в прошлом веке начали обнаруживаться то одни, то другие факты, вызывающие удивление ученых. Это вещество, определяющее во многом жизнь на Земле, вело себя не так, как ведут соединения такого типа. Вода оказалась ларчиком, полным загадок. Так, А. Сент-Экзюпери с присущей ему эмоциональностью воскликнул: «Вода, у тебя нет ни вкуса, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое!». Действительно, что ты такое, вода?

Все вещества на Земле при охлаждении становятся плотней, а вода при охлаждении до 4 градусов по Цельсию ведет себя как все другие вещества, а затем, по мере падения температуры, плотность ее начинает уменьшаться.

В викторинах часто задают вопрос: почему лед плавает в воде? Все мы привыкли к тому, что твердое вещество тонет

Рис. 1. Не правда ли странно
меняется плотность воды при
изменении температуры?

a — изменение плотности воды;
b — то же, других веществ



в своей жидкой фазе, как, например, металлы тонут в своих расплавах. Поэтому удивительно, что вода при охлаждении до температуры ниже 0°C , переходя в лед, уменьшает свою плотность, а ее объем увеличивается почти на 10% (рис. 1). Вот и причина, почему лед плавает в воде — он просто легче ее.

Вода сжимается под давлением гораздо меньше, чем большинство других жидкостей. Ученые обнаружили, что при увеличении давления на 1 атм* при 0°C ее сжимаемость составляет ничтожную величину — 0,00005 доли начального объема. Вот почему только в придонных слоях океанических впадин на глубинах 7000—10000 м вода приобретает ощутимое уплотнение.

А вот другое удивительное свойство: при нагревании воды до любой температуры нужно затратить гораздо больше тепла, чем это требуется для других веществ. Физики говорят, что она обладает самой высокой из всех известных твердых и жидких веществ «удельной теплоемкостью», то есть количеством тепла, необходимого для повышения температуры тела на 1°C . В связи с этой физической характеристикой нельзя не заметить, что и здесь вода имеет необычный нрав. Все вещества с ростом температуры увеличивают свою теплоемкость, а она вопреки всему в интервале от 0° до 35°C ее уменьшает.

Возьмем, например, температуру кипения вещества, соответствующую переходу их из жидкости в газ. Здесь ученые обнаружили строгую закономерность, по которой точка такого

* В Международной системе единиц (СИ) $1\text{ атм} = 10^5\text{ Па}$ (паскалей).

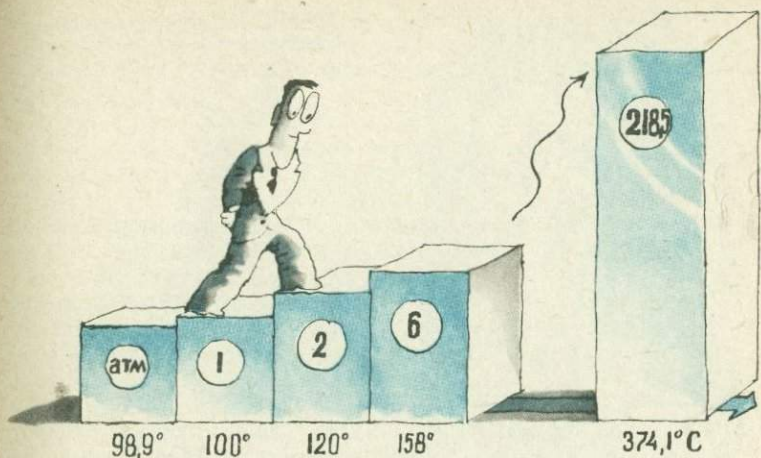


Рис. 2. Если растет давление, то увеличивается температура перехода в пар. Но после температуры $374,1^{\circ}\text{C}$ давление больше не влияет (в кружках давление в атмосферах)

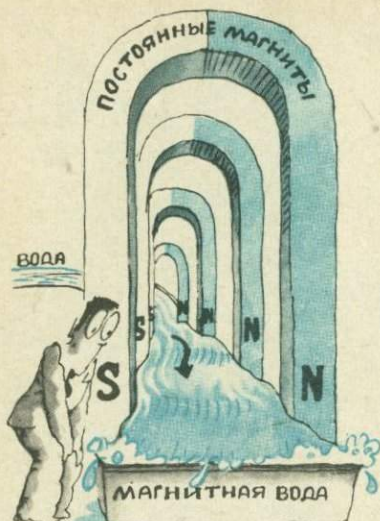
перехода определяется химическим положением соединения. Соединения кислорода с водородом в связи с этим при всех условиях должны при 0°C быть газом, но это не так — вода при нормальных физических условиях переходит в газ (пар) только при 100°C .

Вот еще одна интересная аномалия воды. На рис. 2 мы видим, что между давлением и температурой перехода веществ в пар существует достаточно четкая зависимость. Однако при температуре среды $374,15^{\circ}\text{C}$ чистая вода, в отличие от других веществ, независимо от давления, всегда превращается в пар. Эту странную цифру называли критической температурой чистой воды.

Необычность воды наблюдается во всем. Если возьмем, например, две частицы, противоположно электрически заряженные, то в воздухе чаще всего они оказываются прочно соединенными друг с другом. Теперь давайте поместим их в воду. В большинстве случаев они мгновенно распадутся. Это объясняется тем, что в воде сила взаимодействия зарядов в 80 раз меньше, чем в воздухе. Эта ее способность играет большую роль в развитии многих природных процессов.

Но это не все. Далее следуют все новые и новые удивительные особенности воды. Так, обнаружилось, что мельчайшие водяные капельки замерзают не при 0°C , а при $35\text{—}40^{\circ}\text{C}$ ниже нуля.

Рис. 3. Вода пропускается через систему постоянных магнитов



Сейчас ученые объясняют многие особенности облаков содержанием при низкой температуре не кристалликов льда, а мельчайших капелек жидкой воды. Советский ученый Б. В. Дерягин обнаружил на поверхности кристаллов кварца совсем удивительную воду, которая начинает кипеть только при температуре 300°C и оказывается на 40% более плотной, чем природная.

В 50-х годах нашего столетия в Нидерландах был получен патент на новый метод борьбы с накипью в паровых котлах. Думаю, что читатель, по-видимому, слышал об этом неприятном явлении в котлах. Во время кипения на их стенках толстым слоем накапливаются выпадающие из воды соли, при этом работа котла резко ухудшается. Приходится значительно увеличивать количество топлива для доведения воды до кипения. Почти двести лет шла борьба с накипью, но успехи были минимальные и вдруг появилось очень простое средство — воду, идущую в котел, стали пропускать между полюсами постоянного магнита. Произошло буквально чудо — накипь перестала образовываться. Так родилась новая разновидность — «магнитная вода» (рис. 3).

Многие ученые и инженеры бросились изучать этот феномен. Обнаружилось много интересного: бетон, затворенный на ней, приобретает большую прочность, изменяется способность растворов к кристаллизации. Укладываемые гидравлическим способом дамбы и плотины из пульпы (вода с песком), пропущенной через постоянное магнитное поле, оказываются прочнее, а время их укладки значительно сокращается.

Эта новая разновидность воды находит все более широкое применение в строительстве, химическом, керамическом, горнообогатительном и других производствах.

Эксперименты, проведенные в Волжском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации, показали, что использование для полива магнитной воды повышает урожай.

В настоящее время применение магнитных вод значительно расширилось. С их помощью улучшили качество синтетического каучука, повысили интенсивность очистки промышленных стоков и т. д.

Установлено, что прохождение воды в сравнительно слабом магнитном поле, создаваемом постоянными магнитами, вызывает изменение многих ее свойств: плотности, электропроводности, способности к растворению солей, скорости оседания в ней твердых частиц и др. Поразительна «магнитная память» воды: новоприобретенные свойства сохраняются в течение суток.

Справедливости ради отметим, что имеется целый ряд специалистов, скептически относящихся к магнитной воде. Но практика показала ее удивительные особенности и поставила магнитную воду в ряд эффективных средств для повышения производительности предприятий и улучшения качества выпускаемых ими товаров.

Не менее удивительными свойствами обладает весенняя талая вода. Как показали Б. Родимов и И. Торопцев, этот вид воды благоприятно воздействует на живые организмы и растения. Опять загадка. Почему магнитная и талая вода обладают столь необычными свойствами?

Природные воды также разнообразны. Они различны по своим особенностям, свойствам и составу. Природные воды содержат почти все элементы периодической системы Д. И. Менделеева. В число их входит золото. В тонне морской воды его содержание составляет 0,000004 г.

Особый интерес у ученых вызывает тяжелая вода, в которой обыкновенный водород заменен его изотопом — дейтерием. Она встречается в виде небольшой примеси к природным водам. Так, в море на каждые 5600 м³ обычной воды приходится кубический метр ее тяжелой разновидности. Все свойства ее отличаются от обычной воды: она более плотная, обладает более высокой вязкостью, температура ее замерзания 3,8° С. Есть сведения о влиянии ее на здоровье людей.

Значительно реже в природе встречается тритиевая вода, в которой водород замещен другим его изотопом — тритием. Довольно распространена сверхтяжелая вода, в которой обыкновенный кислород замещен его изотопами. Эта разновидность отличается более высокой плотностью (выше на 11,3%), а в остальном она похожа на обычную воду.

Интересно, что чистая вода в спокойном состоянии легко переохлаждается, оставаясь жидкой до минус 33° С или может быть перегрета до 200° С. Это ее свойство широко используют в промышленности.

Можно и далее продолжить перечисление особых свойств и необычного поведения этой удивительной жидкости, сделавшей возможной жизнь на Земле. С одной стороны, вода —

наиболее изученное вещество, а с другой... Предоставим слово крупному ученому — знатоку воды — академику Б. А. Дерягину. В одной из своих работ он отмечает: «Чистая прозрачная вода родников и водоемов при всей своей распространенности остается все еще загадкой для химиков».

Вода постепенно раскрывает свои тайны

Странности воды обращали на себя внимание давно. Десятки ученых в разных странах ломали головы над загадками ее поведения, и их труды не пропали даром. Теперь можно сказать, что мы знаем о воде достаточно много, хотя далеко не все.

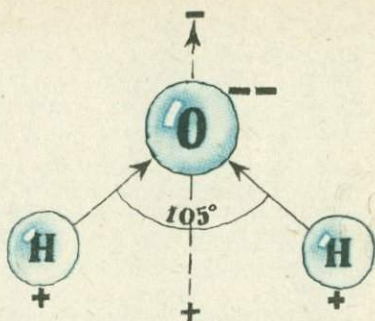
Оказалось, что в основе всех ее неожиданных свойств лежит особое строение молекулы. На первый взгляд, она элементарно проста: один атом кислорода и соединенные с ним два атома водорода. Однако молекула воды имеет единственную строгую конструкцию. С обеих сторон атом кислорода соединен атомными связями с двумя атомами водорода, образующими между собой угол 105° . Схема молекулы воды показана на рис. 4.

Получается, что молекула имеет одну сторону кислородную, а другую — водородную. В результате на кислородном конце вследствие неполного уравнивания электронов всегда возникает отрицательный заряд, а на водородном — положительный. Таким образом, молекула воды имеет два полюса, заряженных противоположно. Ученые назвали ее активным диполем («ди» — два).

Этот особый активный диполь ведет к образованию прочных связей между молекулами, где плюсовая (положительная) сторона соединяется с минусовой (отрицательной). Для разрыва этой связи требуется весьма значительная энергия. Вот почему вода при обычных условиях жидкость, а для ее испарения необходима затрата огромной энергии.

Вскоре было открыто, что молекулы воды соединяются еще дополнительными связями, получившими название водородных. Они появляются потому, что электроны, входящие в состав атома водорода, не удовлетворяются только взаимодействием со своим атомом кислорода, а стремятся воздействовать на соседние кислородные атомы. Водородные связи — это, иными словами, экспансия электронов водородных атомов. В результате молекулы воды оказываются прочно связанными друг с другом. Внутри водной массы возникает давление, достигающее 15—20 тыс. атм. Вот и объяснение, почему вода практически несжимаема.

Рис. 4. Так устроена молекула воды (О — атом кислорода, Н — атом водорода)



Но это еще не все. Молекулы воды стремятся расположиться в определенном порядке или, по-иному, — образовать структуры. Правда, тепловые движения стараются противодействовать этому. Они заставляют молекулы непрерывно двигаться, нарушают порядок их размещения.

Работами многих исследователей установлено одно удивительное обстоятельство — внутренняя структура воды оказывается очень близкой структуре льда. Здесь каждая молекула воды окружена четырьмя другими молекулами воды. Между ними имеются пустоты. Чем их больше, тем меньше плотность льда и воды. При расплавлении льда эта структура начинает изменяться, количество пустот уменьшается, и плотность воды возрастает. Вот и объяснение, почему уменьшается плотность воды при охлаждении.

Было выяснено, что на структуру воды влияет многое: содержание растворенных веществ, наличие нерастворимых соединений, формы занимаемого водой объема и другие факторы. Все эти особенности порождают разнообразие структуры воды. Ученые объясняют многие странности воды ее структурными особенностями.

Работами Б. А. Дерягина и других исследователей обнаружено существование очень странной аномалии воды в тонких капиллярах диаметром менее 0,001 мм. У нее во всем интервале температур коэффициент трения остается постоянным, что не присуще обычной воде. Да и плотность ее на 40% выше, чем у обычной воды. Б. А. Дерягин назвал эту сверхплотную воду водой II.

Ученые спорят о причинах появления подобной воды. Природа ее остается пока неясной. Можно ожидать, что в земной коре, в глинистых породах с тончайшими порами, эта вода II имеет широкое распространение.

А как решается загадка «магнитной» воды, о которой мы рассказывали в предыдущем разделе? И здесь идут поиски. Предпринимаются попытки объяснения этого феномена с по-

зиций особой структуры воды. Ученые Казанского университета считают, что в магнитном поле изменяется ориентация ядерных спинов (вращения) водорода в молекуле воды, т. е. причина здесь кроется в тонких изменениях в молекуле воды, происходящих на атомном уровне.

О. И. Мартынова, Б. Т. Чугаева и Е. А. Леонтьева объясняют особенности «магнитной» воды присутствием в природных растворах окислов железа и их гидратов. Намагничивание последних и обуславливает ее особые свойства. Идет научный спор, который должен привести к решению этой задачи.

Ученые ищут и находят. Постоянно расшифровываются одна за другой загадки воды. И недалеко то время, когда все ее тайны будут раскрыты.

Тайна рождения воды

Уже в глубокой древности люди отводили воде одно из главных мест. В древнеегипетских папирусах прохладная вода рассматривается как первооснова всего на Земле.

Индийские мудрецы Джабали, Бхагури, Пурандра 5000 лет назад считали, что все в мире состоит из четырех элементов: воды, огня, воздуха и земли.

Прошли тысячелетия, и один из крупнейших древнегреческих философов Фалес (624—547 годы н. э.) развил дальше учение египтян о воде. Он провозгласил: «Все возникает из воды и все в нее превращается».

Древние народы были уверены, что мир, в котором они живут, вечен и дан им богами. Греческие философы школы Фалеса пришли к выводу, что «в беспредельном заключается всяческая причина всеобщего возникновения и уничтожения». В этих процессах возникновения миров они главную роль отводили воде.

Более сложной была система древнегреческого философа Гераклита, который считал, что «вода живет воздуха смертью, а земля смертью воды».

Эти ростки материалистических представлений в средние века были подавлены церковниками, которые проповедовали, что Земля, свет, вода, суша и все живое — творение бога.

Откуда же появилась на Земле вода? Где источник колоссальных количеств ее, покрывших $\frac{2}{3}$ поверхности планеты? Человек уже в глубокой древности задавал себе эти вопросы. Ясно одно, что вода появилась на Земле давно, значительно раньше возникновения первой жизни. Ее рождение связано с ранним детством планеты. Поэтому трудно отделить поставленные вопросы от главной фундаментальной проблемы: как

образовались Солнечная система и Земля? Можно предполагать, что первые шаги нашей планеты, затерянной в бесконечном космическом пространстве, сопровождались появлением каких-то форм воды. Однако свидетелей нет, и на нашу долю остаются лишь предположения (гипотезы).

Быстрое развитие науки отбросило церковные догмы и фантастические представления. Первая научная гипотеза о происхождении Земли появилась в XVIII веке. Ученые Кант и Лаплас на основе накопившихся к тому времени фактов создали стройную систему взглядов, по которой наша планета, Солнце и вообще вся Солнечная система образовались в результате сгущения первичной раскаленной туманности. Формирование планет произошло в результате охлаждения и процессов взаимопритяжения и сгущения вещества в туманности. Церковь обрушилась на эту гипотезу и ее авторов. Все же наука победила, и гипотеза Канта и Лапласа более 100 лет безраздельно пользовалась признанием ученых.

Время шло, появлялись все новые и новые факты, противоречащие взглядам Канта и Лапласа. Возникли новые гипотезы.

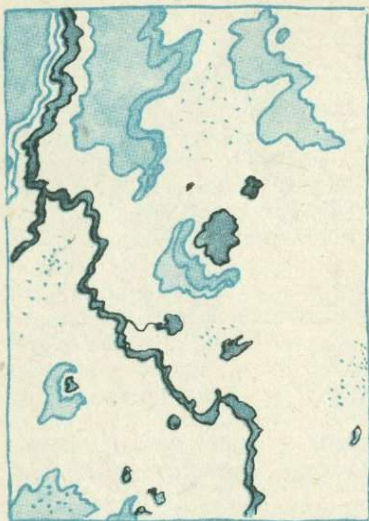
Среди них особое место заняли представления академика О. Ю. Шмидта. Он полагал, что на пути Солнца встретилось холодное облако пыли и газов. При выходе из этого облака Солнце захватило большую массу пылевого материала. В результате гравитационных процессов и движения вокруг Солнца в ней постепенно сформировались планеты нашей системы. Однако и эта гипотеза многого не объясняет.

Вернемся к происхождению воды. Сейчас стало известно, что вода пользуется широким распространением в космосе. В галактике, в состав которой входит Солнечная система, обнаружены грандиозные скопления воды — обширные водяные облака. Поперечник подобных образований достигает многих сотен миллионов километров. Все чаще обнаруживается присутствие воды в составе планет, звезд и комет. Она оставила глубокие следы на поверхности Марса (рис. 5). Наконец, вода входит в состав многих пород, распространенных в космосе, и, в частности, обнаруженных на Луне.

В настоящее время наибольшим распространением пользуются следующие схемы возникновения на Земле современного водного покрова. Если принять за основу гипотезу Канта и Лапласа, то в самом начале Земля состояла из раскаленного вещества. На каком-то этапе ее охлаждения из водорода и кислорода начали образовываться молекулы воды. Выпадающие из расплавленной массы минералы частично включали ее в свой состав. Частично молекулы воды задерживались в конце кристаллизации под давлением в виде растворов.

Возьмем кусок гранита и попробуем нагреть его до температуры 1050° С. Сразу обнаружится, что при этом выделяют

Рис. 5. Разве это не следы реки на Марсе? (Фото космической станции «Маринер»)



ся газы, объем которых во много раз превосходит объем взятого камня. Большая часть выделившихся газов будет представлять собой водяные пары. Это наглядно подтверждает сказанное. Но пойдем далее.

Одновременно с этими процессами над твердой оболочкой начала формироваться атмосфера. Над поверх-

ностью носились багряные тучи, содержащие массу паров воды. По мере охлаждения наступило перенасыщение ими атмосферы, и образовавшаяся из них вода устремилась бесконечными потоками вниз. Сначала падающие на земную поверхность воды моментально испарялись, а затем постепенно стали накапливаться, образуя поверхностный океан. Вода была горячей и местами даже вскипала. Этот «всемирный потоп» длился долго — миллионы лет.

Несколько другая картина представляется, если взять за основу гипотезу О. Ю. Шмидта, считавшего, что Земля — результат сгущения холодного газово-пылевого облака. Установлено, что падающие на Землю каменные метеориты содержат до 1% воды. Вначале Земля не имела никакой атмосферы. Последняя появилась путем выделения газов из недр уплотняющего пылево-газового сгустка. Постоянный подогрев его, вызванный уплотнением и выделением тепла при распаде радиоактивных элементов, привел около 5 млрд. лет назад к расплавлению твердых частиц. При этом стало выделяться много газов и паров воды. Они поднимались вверх, образуя атмосферу и первозданный океан. Последний образовал почти сплошное водное покрытие Земли. Под действием глубинного тепла он испарялся, и появились густые облака, похожие на облачный покров современной Венеры. Если первая «глубинная вода», выделявшаяся из пород, была соленая, то выпадавшие дожди дали начало пресной воде. Вначале воды было значительно меньше, не более 10—15% современного количества, но впоследствии оно непрерывно росло.

Какая же схема образования воды верна? Пока трудно сказать. Интересную работу выполнил В. И. Феронский, исследовавший содержание изотопа кислорода ^{18}O в океанских водах и в древнейших породах Земли: гранитах и базальтах. Можно полагать, если вода образовалась, по гипотезе О. Ю. Шмидта, из холодного пылевого облака, то содержания этого изотопа в океанских водах и гранитах должны быть близкими. Проведенные эксперименты, однако, показали, что породы содержат значительно большие количества ^{18}O . Это позволило В. И. Феронскому сделать вывод, что «вода не могла образоваться за счет выхода ее из глубоких недр Земли».

Спор продолжается. Будем надеяться, что наука разрешит эту вековую загадку рождения Земли и воды.

Вода и жизнь

...По раскаленному песку еле движется человек. Он часто останавливается, пытаясь проглотить слюну. Но рот сухой, губы потрескались, горло схватывают спазмы. Человек опять пытается идти, но ноги его не держат. Тогда, упав, он все же пытается подняться и хотя бы на четвереньках, но движется вперед — туда, где в дымке видно озеро, плещется вода — мираж пустыни. Наконец, хрипло вскрикнув, падает и лежит недвижимый. Три дня человек не пил воды. В его умирающем мозгу проносятся галлюцинации. Вот брызжет фонтан, плещутся воды реки. Но кругом песок, песок и жестокое палящее солнце, человек погибает. Никто еще не смог прожить без воды в пустыне более трех дней... Люди могут голодать неделями, но без воды они не проживут двух-трех дней...

Животные и растения в значительной мере состоят из воды. Она является важнейшей составной частью живой клетки. Содержание воды в растениях и животных колеблется от 50 до 99% (рис. 6).

Блестящим примером роли воды в организме может служить сам человек. В младенческом возрасте ее количество в нашем теле достигает 86%. По мере роста организма содержание воды все более уменьшается. У взрослого оно не превосходит 60%. Как видно, одним из элементов старения человека является обезвоживание его тканей. Особенно много воды в крови — 90%, а стекловидное тело глаза содержит ее даже 96—99%.

При водном голодании вначале возникает чувство сильной жажды, а затем люди впадают в полуобморочное состояние. Дальнейшее уменьшение содержания воды на 11—12% от массы тела (потеря примерно 6—8 л) ведет к катастрофической ги-

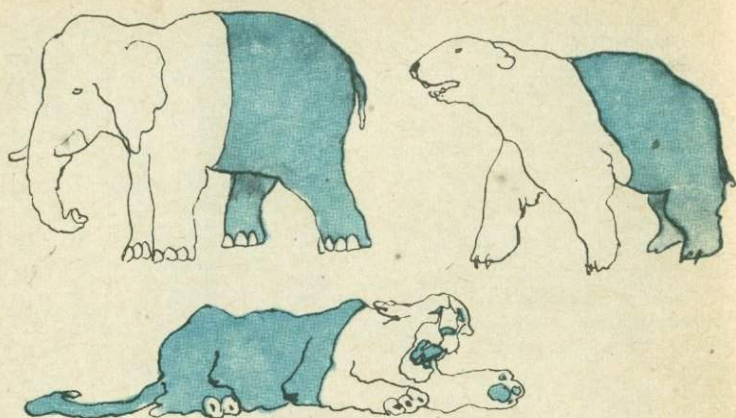


Рис. 6. Слон, медведь, тигр и другие млекопитающие содержат около 60% воды

бели клеток, нарушению обмена веществ, замедлению окислительных процессов и неминуемой смерти.

Несколько меньше воды в растениях. В семенах ее не более 10—15%, а в лиственных деревьях — клене, березе, тополе — от 40 до 75%. В водорослях содержание воды достигает 99%.

«Вода — это жизнь». Это изречение можно услышать и в Средней Азии, и у народов Аравии, Северной Африки. Действительно, пустыня безжизненна, но достаточно появиться воде, как жизнь расцветает во всем своем великолепии, и вот вместо пустыни — зеленый оазис.

Многие века в пустыне идет борьба за воду. Иногда она становится кровавой и жестокой. Сейчас пустыни наступают, территории, занятые ими, растут с каждым годом.

В Советском Союзе после победы Октябрьской революции началась планомерная борьба с пустынями. Исчезла с лица земли Голодная степь, превратившаяся в цветущий оазис, построен Каракумский канал, давший жизнь десяткам новых оазисов.

Ученые уже давно пришли к выводу, что все многообразие жизни на Земле стало возможным только благодаря появлению чудесного дара природы — воды.

Палеонтология — наука об истории развития живого и растительного мира — сумела установить, что первые живые существа на нашей планете зародились и развились в морях и океанах. К. Э. Циолковский высказал мнение, что вода способствовала развитию и сохранению от повреждения первых организмов.

Прошли многие сотни миллионов лет до того момента, когда первые обитатели моря, пугливо озираясь, выбрались на сушу. Много, очень много времени потребовалось, чтобы они смогли приспособиться к жизни на материках.

Это было связано с тем, что благоприятные условия для живых организмов на континентах возникли на миллиард лет позже, чем в океанах и морях. До сих пор население суши носит следы связи его с морскими просторами. Венец создания природы — человек — имеет в организме ряд черт, присущих морским животным. В первые месяцы внутриутробного развития у него даже появляются жабры.

Таким образом, жизнь и вода теснейшим образом связаны друг с другом. Жизнь на Земле стала возможной только потому, что на нашей планете появилось изумительное неповторимое вещество — вода во всем ее многообразии форм и видов.

Вода и цивилизация

Блестящий город Фивы, грандиозные пирамиды, высокая культура — это могучее древнеегипетское государство. Его отделяет от нашего времени 3—5 тысячелетий. Почему именно здесь возникла невиданная по тем временам цивилизация?

Главной причиной является могучий Нил и образованная им плодородная долина. Жаркий климат, соединенный с водой, сделал чудеса.

Изумительные города с удивительными дворцами, храмами, дорогами, с неповторимой библиотекой Ашурбанинала — все это зародилось 3000—5000 лет назад в другой колыбели цивилизации — в междуречье Тигра и Ефрата. Многие ученые считают, что шумеры, а затем ассирійцы и вавилоняне создали древнейшие цивилизации на нашей планете. Здесь снова многоводные реки и созданные ими плодородные долины.

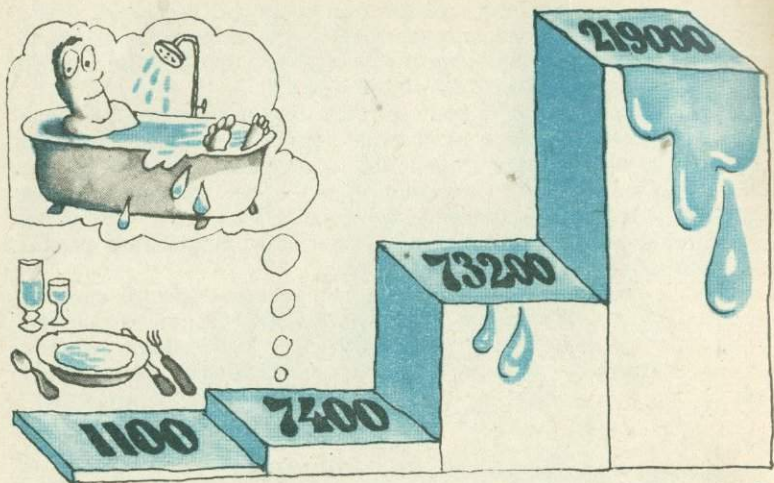
Древнейшая индийская цивилизация — Мохенжо-Даро — возникла 5000 лет назад в долине р. Инд. А когда река изменила русло и воцарилась пустыня, эта цивилизация погибла.

Теперь давайте посмотрим на карту мира. Практически все столицы государств и крупные города расположены либо на берегу моря или океана, либо у реки или озера. Действительно: Москва стоит на реке Москве, Париж на реке Сене, Лондон — на реке Темзе и т. д.

Конечно, это не случайно. Люди стремились селиться там, где прежде всего была вода. Она им необходима не только для бытовых нужд, но и как защита от нападения неприятеля (даже крепости окружались рвами, заполненными водой) и,



2950



ПИТЬЕ И ПИЩА ГИГИЕНА В СРЕДНЕМ ЛЕНИНГРАД

Рис. 7. Количество воды, приходящееся в городах на одного жителя в год (в литрах)

наконец, как удобный путь для сообщения и торговли с соседями.

Однако, если повнимательнее взглянуть на карту, то обнаружатся тысячи средних и малых населенных пунктов и даже крупных городов (например, Ашхабад), около которых нет ни озер, ни рек, ни морей. Правда, к Ашхабаду за последнее время подвели Каракумский канал.

Все эти города и селения получают необходимую им воду из подземных источников. Более того, многие города, стоящие на берегу рек (например, Москва, Харьков и др.) также частично берут питьевую воду из-под земли.

Вряд ли развилась бы современная цивилизация без воды. Действительно, возросло потребление (особенно в городах) воды для бытовых и производственных нужд. В настоящее время суточный расход на душу населения в крупных центрах приближается к 500 л. Городу с населением в 1 млн. человек требуется до 0,5 млрд. литров в день пресной воды (рис. 7).

Создание крупных производств стало возможным только за счет использования больших количеств воды. Так, для получения одной тонны стали требуется 30 т воды, для выработки одной тонны синтетического волокна необходимо затратить 5000 т воды. Еще больше ее требуется для выделки тонны хлопка (8000 т).



Рис. 8. Потребность в воде на Украине в 1980 году (в км³)

Города и села стали крупными потребителями электроэнергии. Значительную часть ее получают путем использования водных потоков. Крупнейшая в мире Красноярская гидроэлектростанция дает 6 млн. кВт, а скоро войдет в строй еще более мощная Саяно-Шушенская ГЭС. Почти четверть всей электроэнергии в нашей стране дает вода.

Много воды требует сельское хозяйство. Без достаточного полива огородных и садовых культур, плоды которых состоят на 80—95% из воды, нельзя вырастить хорошего урожая. Это особенно хорошо знают любители садово-огородных участков.

Много воды потребляют лиственные растения: береза, клен, ива и др. Толщина слоя воды, необходимой для их произрастания в течение года, достигает 1,5—1,6 м.

Многие едят хлеб, не подозревая, что выращивание одного килограмма пшеничного зерна требует 800 кг воды.

Немало воды потребляется в животноводстве. Например, для одной коровы в сутки требуется 10—12 ведер воды.

Вода необходима для сотен других нужд: наполнения гребных каналов, спортивных бассейнов, охлаждения механизмов, заливки в радиаторы автомашин, стирки белья, мойки улиц и многих других целей.

На рис. 8 показано, сколько воды потребуется для одной только УССР в 1980 году.

Можно утверждать, что современная цивилизация не может существовать без достаточных количеств воды.



ВОДЫ ТАК МНОГО И ТАК МАЛО

Видимая и невидимая

По преданию, в далекие времена Харуна ар-Рашида, могущественного халифа Багдада, выпал страшный год, когда на землю не упала ни одна капля воды. Все задыхались от жары. Животные и люди падали на улицах от жажды. Могучая река Тигр превратилась в зловонный ручеек, несущий людям болезни.

Тогда Харун ар-Рашид призвал своего верного везира Масрура и приказал ему: «Найди мудреца, который даст совет, как спасти Багдад». «Слушаю и повинуюсь, о, повелитель правоверных!» — ответил Масрур.

Прошел день, другой, и Масрур вступил в покои халифа вместе с человеком с длинной белой бородой. Человек пал на колени перед великим халифом и сказал: «О, повелитель правоверных, прикажи вырыть глубокую яму на том месте, где ты стоишь, и Багдад будет спасен».

Рыли день, рыли два, три, на четвертый из ямы ударил мощный фонтан кристально чистой холодной воды.

Эта легенда рассказывает о нахождении источника подземной воды, невидимого для нас, но крайне важного для человечества.

Вода окружает человека, сопровождает его всю жизнь. Она падает каплями из пронсящейся грозовой тучи, журчит в ру-

чейках, низвергается потоками в водопадах, сплошной массой движется в реках, радует наш глаз в озерах, морях и океанах, сползает ледниками с гор. Это все вода видимая.

Однако часть ее недоступна глазу. Разве можем мы увидеть воду в камне или водяные пары в теплый летний день?

Особое место занимает не видимая нами вода в толще Земли, о которой уже говорилось в восточной легенде. Ее мы видим только в колодце или ключе, выбивающемся из берегового откоса.

В одной сказке легендарный король, собираясь отдать руку своей дочери, объявляет конкурс, в котором задается ряд хитроумных вопросов, в том числе такой: «Что везде?». Среди всех претендентов находится лишь один, ответивший: — «Вода. Так как она в воздухе, на земле и внутри ее».

Современная наука подтвердила эту народную мудрость. Академик В. И. Вернадский говорил, что вода вездесущая, так как не только образует поверхностные скопления, но и входит в состав всех минералов и горных пород.

Мы хорошо знаем, что вода многолика: она и пар, и снег, и жидкость, и лед. Больше всего жидкой воды, конечно, в океанах и морях. Здесь ее количество достигает 1370 млн. км³. Чтобы представить эту громадную массу воды, допустим, что мы сделали из этой воды столб, в котором площадь основания будет равна 1 км². Высота такого столба составит более чем девятикратное расстояние от Земли до Солнца.

Второе место занимает масса невидимой воды в земной коре и частично в мантии. Здесь ее содержится около 1300 млн. км³. Это всего на 70 млн. км³ меньше, чем в океанах. Следует заметить, что количество подземной воды пока точно не известно, поэтому приведенная цифра может оказаться заниженной. Если из этого количества воды сделать столб, аналогичный океанскому, то его высота также составит приличную величину — 8,6 расстояния от Земли до Солнца.

В твердом виде вода образует ледники. Основная масса их сосредоточена в Арктике и Антарктике. Общее количество льда на Земле колеблется от 25 до 27 млн. км³. Именно в них и содержатся основные количества пресной воды. Здесь сосредоточено 84% ее. Это делает айсберги ценнейшими источниками питьевой воды.

Появились даже предложения о транспортировке их по океанам в засушливые районы. Нашлись предприимчивые, но недостаточно честные люди и разработали практический проект переброски крупного айсберга из Антарктиды в Персидский залив. Однако это оказалось жульнической операцией. Но неудача этого мероприятия не уничтожает самой идеи использования айсбергов как источников питьевой воды.

В воздушной оболочке Земли вода больше всего распространена в виде пара. Но много ее и в жидком, и в твердом состоя-

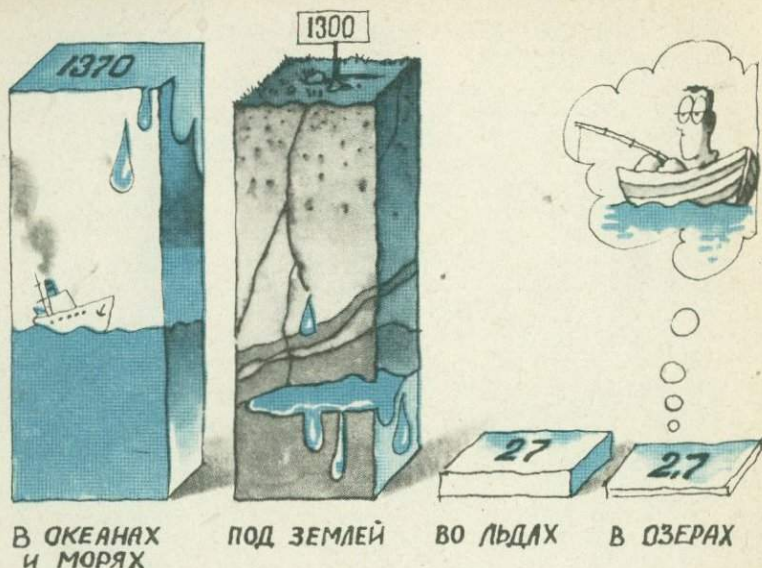


Рис. 9. Где и сколько воды на Земле

ниях. Однако общее количество воды в атмосфере невелико и не превосходит 15 тыс. км³.

Еще один источник воды — озера. В СССР их более 300 000. Среди них крупнейшее озеро мира Каспий, самое глубокое Байкал и такие, как Балхаш, Ладожское, Онежское и др. В США среди крупных озера Верхнее, Мичиган, Гурон, Эри; в Перу — Титикака, в Кении — Виктория. Озера занимают на земле площадь 2,7 млн. км². Но общее количество воды в них не превышает 230 тыс. км³. А ведь ещё есть вода в живых организмах, растениях и горных породах. Оценить это количество оказывается довольно сложно, да и необходимости в таком подсчете пока нет (рис. 9).

В настоящей книге мы попытаемся познакомить широкий круг читателей с водами, сосредоточенными в земной коре. Их преимущества для человечества очевидны, прежде всего, в них содержится более 15% запасов всех пресных вод, и они у нас буквально под ногами. Подземные воды изучаются особой наукой — гидрогеологией (наука о водах под землей), являющейся молодым разделом геологического цикла знаний.

«Вечное» движение

Поразительна способность воды постоянно стремиться к движению. Она движется в стакане, в реке, в море, под землей, в атмосфере. Причин такой подвижности очень много: здесь и разность температур, и воздействие тяжести, и механическое (негравитационное), и ветровое, и физико-химическое (влияние разности содержания солей, ионного состава) воздействие и т. д.

Если вода находит малейшее отверстие в сосуде, она немедленно устремляется просочиться через него. Способы передвижения воды также разнообразны. Она может двигаться крупными потоками, мельчайшими каплями и айсбергами, по капиллярам и в виде микроскопических пленок. Все пути и способы хороши для воды, ей лишь бы только двигаться. Она плавно скользит в речном потоке, бурно низвергается водопадом: с горной кручи, бьет волной о берег, стремительно несется в облаках, образует потоки ливня, рвется из котла в виде пара или тонкой струйкой выходит из кипящего чайника.

Вода — непоседа, она все время стремится менять свое положение. Можно говорить о великом круговороте ее в природе.

Бесконечны пространства морей и океанов. С их поверхности происходит непрерывное испарение воды и образование пара. Ученые подсчитали, что над океанами образуется 86% водяного пара, находящегося в атмосфере. Гораздо меньше поступает его с континентов — около 14%.

Пар собирается в воздухе, образуя облака, из которых время от времени вода выпадает дождем или снегом обратно на поверхность материков и океанов. На суше дождевые воды образуют струйки, ручейки, реки, а в горах ледники. В конечном счете часть воды снова возвращается в моря и океаны.

Другая часть дождевой воды просачивается в породы, слагающие поверхность земной коры, и уже далее движется в ее недрах. На рис. 10 показаны главные пути круговорота воды в природе. Это, конечно, только схема. Она не может показать того, в действительности, сложного пути, который проходит вода в своем стремлении к вечному круговороту.

К примеру, немалая роль принадлежит растениям, животному миру и в особенности человеку. Они захватывают и консервируют определенную часть воды, выводя ее временно из круговорота. Для человечества очень важно знать, сколько воды перемещается в течение года разными путями. Сколько воды используется, выпадает осадками, перемещается реками, просачивается в землю? Все это стремятся установить ученые. Они, как бухгалтеры, скрупулезно подсчитывают приход и расход воды для выяснения общего баланса водных масс.

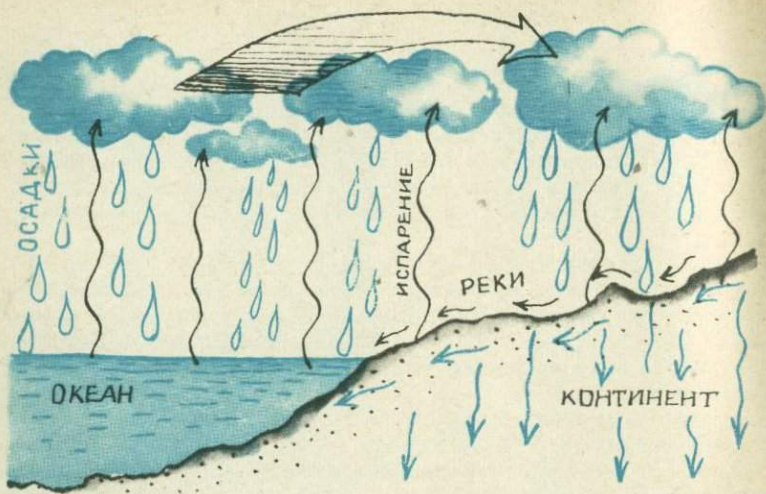


Рис. 10. Вода вечно находится в движении

Вы спросите: для чего все это нужно? Опираясь на эти данные, специалисты разных областей науки решают вопросы изменения запасов воды в различных природных зонах, климата, водоснабжения и многие другие.

Интересные расчеты были выполнены М. И. Львовичем. Он установил, что на поверхности земного шара (площадь 510083 тыс. км²) в год выпадает 520000 км³ осадков. Это немного меньше, чем воды в Каспийском море. Испарение же со всей поверхности Земли составляет примерно то же количество.

Если взять всю выпадающую за год на Землю воду и равномерно распределить ее по поверхности, то образуется сплошной слой глубиной чуть более одного метра.

Конечно, более всего воды циркулирует над океаном. На рис. 11 показана диаграмма, сопоставляющая осадки и испарение воды над океаном и сушей.

Ученые на основе изучения общего баланса воды на Земле сделали поразительные выводы: масса воды в океане полностью обменивается в течение 2600 лет. А вот в атмосфере вода меняется каждые 9 суток. Несколько медленнее идет обмен в реках — за 12 суток.

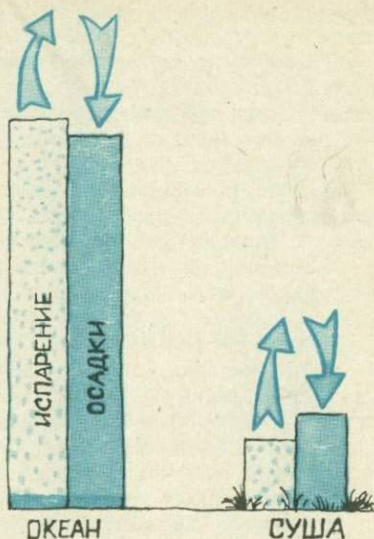
Совсем другая картина в мире подземных вод. Только в самом верхнем слое земной коры, где содержится примерно 4,6% всего количества подземной воды, они обмениваются за время от 100 до 5000 лет. Основная же ее масса, заключенная

Рис. 11. Испарение воды и выпадение осадков над океаном и сушей

на больших глубинах, обменивается за миллионы и даже десятки и сотни миллионов лет. Она как бы зажата в тисках горных пород и преодолевает их с большими усилиями. Пройдет тьма времени, прежде чем произойдет обмен этих глубинных вод.

Твердая фаза (в виде льда) также участвует в общем обороте воды. Подсчитано, что в горных ледниках полный обмен происходит за 5000—10000 лет. Значительно медленнее идет обмен арктических и антарктических льдов. Здесь этот процесс осуществляется примерно в течение 200000 лет.

Такова вода — вечный путешественник и бродяга.



Изменяется ли количество воды на Земле?

Как-то на одной из туристских баз собралась компания молодежи. Шел оживленный спор о проблеме охраны природы. Один из спорщиков заявил, что создание искусственных морей уменьшает количество воды на Земле. Большинство отвергло это утверждение, но возник вопрос: постоянно ли количество воды на Земле? А может быть, ее становится больше или меньше?

Действительно, меняется ли общая масса воды на Земле? Может быть, уменьшается? Увеличивается? Остается постоянной?

Это вопрос не праздный. Человечество должно искать и найти ответ на него. Мы сейчас знаем, что на Марсе когда-то неслись могучие потоки воды, а сейчас поверхность его пустынна. Куда они девались теперь? Остались немymi свидетелями широкие долины со следами когда-то бушующих вод (см. рис. 9).

Может быть, Землю тоже когда-нибудь покинут живительные воды?

Возвратимся на Землю. Попробуем заняться бухгалтерией и учесть приход и расход воды. Установим, что мы будем говорить о жидкой, парообразной и твердой воде в океанах, морях, на континентах и в земной коре.

Итак, приход:

1) вода поступает на Землю из космоса в составе каменных метеоритов, содержащих ее до 10%. Не исключен также привнос воды в ледяных ядрах комет;

2) спутниками установлено присутствие в высоких слоях планеты атомов водорода и кислорода, способных образовывать молекулы воды под действием корпускулярных потоков солнечного ветра;

3) поступление воды из мантии (слоя, подстилающего земную кору), весьма богатой этим важным веществом. Предполагается, что в этом слое земли содержится в 10 раз больше воды, чем в океанах и морях. Вода из мантии проникает по трещинам в так называемые зоны разлома, представляющие собой грандиозные трещины в земной коре;

4) развитие промышленности ведет к тому, что в ходе ряда технологических процессов, например сжигания угля, выплавки железа и др., выделяется вода, связанная в горных породах. Освобождаясь, она переходит в жидкое или газообразное состояние.

Теперь давайте взглянем на статьи расхода воды:

1) часть воды используется человеком для производства многих химических веществ, бумаги, синтетических материалов и т. д. Эта вода извлекается промышленностью из естественного круговорота и связывается в органических соединениях и различных искусственных материалах;

2) часть молекул воды может распадаться под воздействием различных космических излучений на кислород и водород;

3) не исключено, что в высоких слоях атмосферы молекулы воды, могут покидать зону притяжения Земли, уходя в космическое пространство;

4) временно связывается вода растениями и животными, но в конечном счете она возвращается в общий круговорот;

5) горные породы на поверхности, образуясь из водных растворов (например, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, сода $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и некоторые другие), забирают воду в кристаллическую решетку; выводя ее из общего круговорота. То же происходит с горными породами: гранитом, диоритом и другими; слагающие их минералы выветриваются, переходя в глинистые минералы, в составе которых содержатся молекулы воды, также выхватываемые из круговорота.

Если сравнить приход с расходом, то можно сделать вывод, что в настоящее время преобладает приход воды.

Как же дело обстоит в действительности? Ученые полагают, что с момента образования первичного океана количество воды на Земле увеличилось почти десятикратно.

С. В. Колесник подсчитал, что за последнюю тысячу лет уровень океана поднялся на 1,3 м и в основном за счет воды, поступившей из мантии.

Итак, спор решается в пользу постепенного возрастания со временем количества воды в атмосфере, гидросфере и земной коре. Правда, человечество все больше начинает испытывать недостаток пресной воды, но это уже другой вопрос.

Угрожает ли человечеству водяной голод?

В газетах Запада мелькают сенсационные заголовки: «Катастрофическое положение с водой», «Погибнет ли человек от жажды?», «Миру грозит водяной голод» и так далее. Многие люди, включая краны горячей и холодной воды, наслаждаясь в ванной, не могут понять этой кутерьмы вокруг воды. Да и общее количество воды, как мы это видели в предыдущем разделе, не только не уменьшается, а увеличивается.

Несомненно, положение с пресной водой иногда ради сенсации преувеличивается, но для целого ряда стран проблема снабжения ею становится все более острой, а подчас и катастрофической.

Вообще обеспечение разных районов мира водой всегда было неравномерным. Недостаток воды ощущался в Сахаре, пустынях Средней Азии, на Аравийском полуострове и в других местах.

Но вот в настоящее время воды стало не хватать даже там, где ранее был ее избыток. Эксперты ООН подсчитали, что 20% жителей городов и 75% сельского населения нашей планеты не обеспечены достаточным количеством и надлежащим качеством питьевой воды.

Запасы воды на нашей планете примерно равны 1400 млн. км³. Однако это в основном соленая вода. Пресные воды составляют лишь 2% всей массы. Даже это количество весьма значительно. Но следует учитывать три обстоятельства.

1. Быстрое увеличение населения Земли. Демографы ООН подсчитали, что к 2000 году на нашей планете будут жить 6 млрд. человек.

2. Рост потребления пресной воды человеком. Если в 1900 г. в Петербурге расходовалось на душу населения только 200 л, то в современном Ленинграде расход достигает 600 и даже 800 л в сутки. В настоящее время на нашей планете мировое потребление воды составляет 3600 км³ в год. Получается, что

Рис. 12. «Нефтяная чума» — мучительная смерть птиц и животных от покрытого нефтью моря



на одного жителя Земли приходится 900 м³ воды в год. Это чересчур много. Потребление воды растет с каждым годом, и в 2000 г. во многих странах (в том числе в США, ФРГ, Англии) возникнет острый дефицит пресной воды.

3. Все возрастающее загрязнение озер, рек, морей, океанов и подземных вод

хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками. В настоящее время осталось очень мало незагрязненных рек. Классическим примером является река Рейн, в которую на всем ее 684-километровом протяжении из миллионов труб сбрасываются бытовые отходы и ядовитые вещества расположенными на ее берегах городами, фабриками и заводами. Окунуться в эту реку можно только в специальном герметическом костюме и то с большой долей риска. Можно назвать тысячи рек, загрязненных до предела. Широко стала известна текущая в озеро Эри (США) река Кайохоча, которая вследствие загрязнения нефтью и горючими продуктами неожиданно вспыхнула, и несколько дней по ней двигался поток огня.

Ежегодно на Земле образуется около 500 млн. м³ промышленных и хозяйственно-бытовых стоков. Чтобы очистить загрязненные воды, только в США необходимо затратить более 600 млрд. долларов.

Эти стоки в конечном счете идут в моря и океаны, загрязняя их до такой степени, что даже купаться на пляжах становится опасным. Помимо этого морская поверхность покрывается пленкой нефти из-за аварий нефтеналивных танкеров или просто загрязняется проходящими кораблями (рис. 12).

Есть ли выход из все ухудшающегося положения с пресной водой? Если события будут развиваться в том же направлении, то «водяной голод» может стать реальностью. Однако дело не настолько плохо.

Прежде всего необходимо развивать методы очистки сточных вод и строить очистные сооружения. Примером могут

служить мероприятия, проводимые в СССР. ЦК КПСС и Совет Министров приняли ряд важных постановлений о предотвращении загрязнения рек, озер и морей. На этой основе развернулись серьезные работы по организации очистки производственных и бытовых стоков. К 1980 г. намечено полностью прекратить сброс неочищенных сточных вод в бассейны рек Волги и Урала.

Другим выходом является расширение использования подземных вод для получения питьевой воды. Правда, и здесь необходима организация их охраны от загрязнения стоками и истощения.

Третьим источником воды могут служить искусственные подземные воды, о которых будет рассказано ниже.

Наконец, пресную воду можно получать путем опреснения морской воды с использованием ядерной энергии (установка на быстрых нейтронах). В Советском Союзе подобная установка работает на Мангышлаке. В сутки она дает 120 тыс. м³ опресненной каспийской воды.

Главные запасы пресных вод хранятся в ледниках материковых и горных. Так, один айсберг высотой 300—400 м, длиной 40 км и шириной в 1 км может в течение года обеспечить пресной водой город с населением в миллион человек.

Итак, делаем вывод — необходимо действовать! Человеку по силам решить проблему водоснабжения Земли, но необходимы серьезные коллективные усилия государственных деятелей, ученых и всего населения.



ОТКУДА ЕЕ СТОЛЬКО ПОД ЗЕМЛЕЙ?

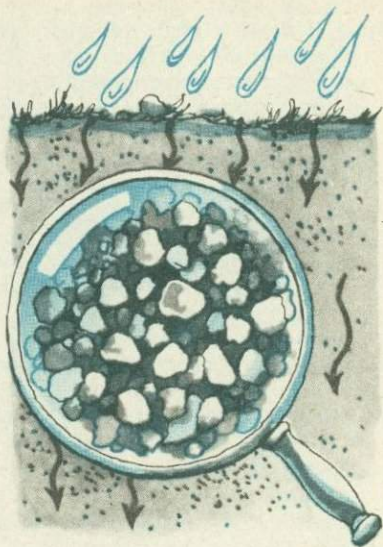
Загадки воды под землей

О существовании воды под поверхностью Земли люди знали очень давно. Тысячелетия назад инки и майя устраивали глубокие колодцы и извлекали воду из них. Искусством добывать воду из-под земли владели жители древнего Египта и Вавилона. Но для них оставалось загадкой, откуда она появляется в колодцах. Совершенно загадочным было появление воды в одних местах и отсутствие ее в других. Необъяснимы были факты ее внезапного исчезновения. Древние римляне весьма ценили горячие воды, бьющие из-под земли. Происхождение их было непонятным, поэтому эти термы (источники горячей воды) считали даром богов.

Действительно, почему под землей появляется вода? Я догадываюсь, что читатель пожимает плечами и легко отвечает на этот вопрос. Идет дождь и вода просачивается в землю, попадая таким образом в колодцы. А может быть она проникает в землю из ближайшей реки или озера?

Так думали первые исследователи воды под землей. Однако все оказалось значительно сложнее. Ну, например, откуда появляется вода в колодцах в пустыне? Почему она встречается в степи на высоких отметках местности? Сейчас мы знаем, что часть воды действительно просачивается с поверхности. В этом легко убедиться, предприняв прогулку после хорошего дождя. На тех участках, где почва сложена песком, почти нет лужиц, а там, где она представлена глиной, грязь и глубокие

Рис. 13. Поры в песке и пути движения через них воды



лужи затрудняют нам путь. Причина этого явления связана с особенностями этих пород. Песок, а также гравий, щебень, галька состоят из зерен размером более 0,05—0,25 мм. В крупном песке частицы достигают 2 мм, в гравии 40 мм, а в галечнике и щебне — до 200 мм. Такие крупные зерна образуют между собой крупные поры, через которые капельки воды свободно проникают внутрь (рис. 13). Под

действием силы тяжести они стараются проложить себе дорогу как можно дальше в глубь породы. Конечно, чем меньше размеры песчаных зерен и чем плотнее они уложены в породе, тем меньше поры, и вода движется медленнее. Такой процесс поступления воды сверху вниз был назван еще в XIX столетии инфильтрацией. Вообще жидкости в горных породах, двигаясь по порам, не текут, а фильтруются. Поэтому в гидрогеологии говорят о «фильтрации воды». Конечно, этот вид ее движения — медленный процесс, совсем не похожий на поток в реке или бурлящем ручейке. Скорость речных струй 1—2 м в секунду, а фильтрация в песке определяется величинами 0,1—10 м в сутки. Это значит, что в породах ее движение идет медленнее. Скорость фильтрации в тысячи и даже десятки тысяч раз уступает веселому бегу ручейка.

Отсюда следует, что вода может поступать в землю после дождя, просачиваясь по порам в песчаных, гравелистых, галечных грунтах. Ученые называют его инфильтрационным путем образования вод под землей. Таким же образом могут просачиваться в землю не только дождевые осадки, но и воды из рек и морей.

Орошение, строительство искусственных морей также становятся источниками для инфильтрации поверхностных вод в недра земной коры.

Альпинисты и туристы, посещающие горные районы, хорошо знают, что там на склонах часто можно видеть скалы из гра-

нита, базальта, диорита, сланца. Это монолитные очень прочные породы. В них природа с большой силой спаяла кристаллы минералов в одно целое. Их пористость незначительна, и они практически не пропускают воду. Геологи установили, что земная кора находится в непрерывном движении. Породы подвергаются непрерывно изменяющимся давлениям от напорающих на них соседних массивов, а во время землетрясения на них обрушиваются чудовищные удары. Это все приводит к образованию в них многочисленных трещин. Размеры их от десятых долей миллиметра до многих метров, поэтому они могут служить прекрасным путем для прямого проникновения воды в глубь земли. Даже в небольших трещинах, измеряемых миллиметрами, вода с поверхности может поступать в землю как по водопроводным трубам. Здесь скорости ее движения могут достигать 10 и даже 100 м в сутки. В этом случае поверхностные воды (дождевые, талые, речные и т. д.) как бы вливаются в недра земли. Гидрогеологи назвали способ поступления воды по трещинам пород инфлюацией (т. е. вливанием).

Откуда же вода в пустыне?

Вырыли неглубокий колодец в песчаной пустыне, и вдруг стала сочиться вода. Но откуда она взялась? Ведь это происходит в пустыне, где дожди выпадают крайне редко. Как видно, инфильтрацией воды с поверхности мы не сможем объяснить этого феномена.

Долгие годы ученые ломали голову, пытались найти решение данной загадки. Более 100 лет назад ученый О. Фольгер выдвинул поразившую всех гипотезу, что вода под землей образуется путем конденсации (сгущения) водяных паров. Он считал, что они содержатся в проникающем с поверхности воздухе. Попадая в поры пород, эти пары сгущаются, переходя в капельно-жидкое состояние. Он с пафосом воскликнул: «Ни одна капля подземной воды не происходит за счет капель дождевой воды».

Из нашего жизненного опыта мы хорошо знаем, что когда теплая погода внезапно сменяется холодной, часто появляются туманы. Они возникают в результате резкого падения температуры, когда относительная влажность воздуха при том же абсолютном содержании паров воды повышается до 100%. Это и ведет к образованию капелек воды. В этом и состоит сущность процесса конденсации. Нечто похожее происходит и в порах песка: при понижении температуры пар превращается в капельки воды.

Возникли ожесточенные споры двух групп ученых — сторонников «инфильтрационной теории» и «конденсационников».



Рис. 14. Так образуется в пустыне под кучей камней конденсационная вода

Большинство ученых назвали теорию конденсации неправдоподобной, надуманной и даже сумасбродной.

Советский ученый А. Ф. Лебедев поставил оригинальные эксперименты. Ему удалось на опытах доказать, что конденсационный путь образования воды под землей действительно существует. Однако он также установил, что в поры пород проникает не воздух, как это утверждал О. Фольгер, а водяные пары. Результатом его работ была научно обоснованная теория конденсационного образования подземных вод.

В Аравийских пустынях бедуины собирают кучи камней. Под ними через некоторое время образуется немного воды (рис. 14). Эта вода — результат конденсации водяных паров. Так практика подтверждает научные теории.

Теперь ясен ответ на вопрос, откуда вода может появляться в песках пустынь или на степных водоразделах.

Гидрогеологам теперь известно, что основным путем накопления воды под землей все же является инфильтрация. Лишь часть воды обязана своим происхождением конденсации в порах пород водяных паров. Однако воды под землей образуются не только этими двумя путями. В XX веке австрийский ученый Э. Зюсс, размышляя по поводу источников воды под землей, высказал догадку, что крупным поставщиком могут явиться пары и газы, поднимающиеся из глубоких недр воды. Эти воды никогда не видели дневной поверхности, и поэтому Зюсс их назвал «ювенильными» (т. е. девственными).

Сейчас ученые знают, что под земной корой залегает мощная мантия, в составе которой имеется много воды (до 2—3%). А. П. Виноградов на основании остроумных лабораторных экспериментов показал, что из пород мантии при расплавлении выделяются водяные пары. Он считает, что даже массы воды в океанах могли возникнуть путем выделения из глубоких недр Земли.

В настоящее время поступление все новых порций воды из глубин нашей планеты не вызывает сомнения. Вместе с тем количество ее, притекающее в земную кору в течение года, незначительно, но постоянство этого процесса в течение многих миллионов лет превращает его в весьма важный источник пополнения подземных вод.

Есть еще ряд других путей пополнения подземных вод: «захватом» океанических, морских и озерных вод в накапливаемых на дне рыхлых илах и других типах донных отложений, из захороняемых в морских отложениях растительных и животных организмов и т. д. Все они имеют второстепенное значение в общем балансе вод под землей.

Читатель может видеть, что пути, приводящие воду в земную кору, различны и довольно сложны. В этом основная причина того, что подземные воды разнообразны. Они отличаются по составу, температуре, направлению и скорости движения и другим особенностям.

Может ли вода просочиться до центра Земли?

Сразу отвечаем: конечно, нет. Просачиваясь с поверхности, вода движется в песке или каком-либо другом проницаемом слое до тех пор, пока не встретит на своем пути преграду в виде другой породы, особенность которой — не пропускать воду.

Дело в том, что поверхностная часть Земли, или, как ее называют геологи, верхняя часть земной коры, сложена породами, образовавшимися в море или на суше.

Представим себе, что мы в костюме акванавтов совершаем прогулку по морскому дну. Здесь свой особый мир. У берега дно сложено чаще всего галькой, гравием или крупным песком, а по мере движения в глубину мы попадаем в царство все более мелких песков. Еще глубже и дальше от берега ноги начинают утопать в илистом материале. Это все продукты, образовавшиеся в ходе разрушения пород, слагающих сушу. Многие тысячелетия они переносятся морскими потоками и накапливаются на дне, образуя слои гальки, гравия, песка, глины. Для каждой породы отведено природой свое место.

Чем ближе к берегу, тем крупнее накапливающийся материал, чем дальше — тем, наоборот, он мельче. Но с течением времени береговая линия передвигается. И там, где на дне накопилась толща песка, начинает скапливаться новый более тонкий материал. Вот и получается, что морские отложения представляют собой как бы слоеный пирог, в котором чередуются породы, состоящие то из более крупных частиц —

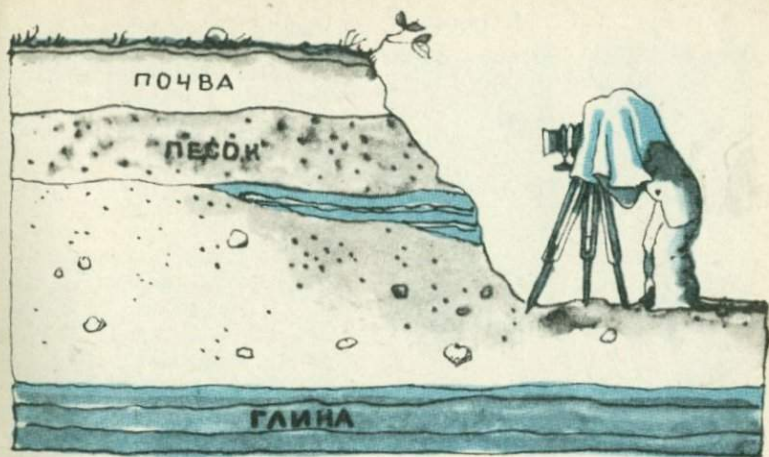


Рис. 15. Горы в земной коре собраны в пласты

галечника, песка, то из более мелких — глинистых. Каждый слой имеет большую площадь и занимает определенное пространство. Такой слой геологи называют пластом осадочной породы (рис. 15).

В течение тысячелетий характер минерального материала, приносимого с суши, меняется. Часто такая смена происходит резко в результате различных геологических потрясений — катастрофических движений земной коры, изменений рельефа местности и гидрографической сети, перемещения береговой линии и других. В результате меняется характер приносимого в море материала, и на образовавшемся пласте начинает откладываться новый. Таким путем формируется пластовое строение толщи пород (см. рис. 15). Пески могут сменяться суглинками (порода, содержащая не только песчаные частицы, но и тонкие глинистые размером менее 2 мкм, а суглинки — глинами и снова песками).

Пласты могут залегать совершенно горизонтально, так как они отложились на дне моря. Но мы уже говорили, что земная кора находится в постоянном движении, изменяя положение пластов; прежде всего они наклоняются, а часто коренным образом меняют свою форму.

Давайте вернемся к самому началу этой главы. Прошел дождь; на песках вода просочилась капельками в поры и ушла в землю. А на участке глины образовались обширные лужи, и ноги увязают в грязи. Почему же здесь вода не инфильтровалась в глубь породы?

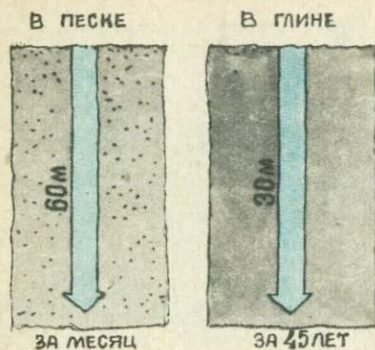


Рис. 16. Вода в глине движется с очень малыми скоростями, в 1000—10 000 и более раз медленнее, чем в песке.

Дело в том, что глина состоит из очень мелких частичек (размером менее 0,002 мм и 2 мкм). Такие тонкие зернышки, плотно прилегая друг к другу, образуют очень маленькие поры.

Ученые измерили их с помощью электронного микроскопа. Оказалось, что их ширина редко превосходит 0,001—0,003 мм. В таких тонких породах вода не в состоянии свободно течь. Ее перемещение возможно, но только лишь путем очень медленного молекулярного движения.

В природе тончайшие поры глин почти всегда заполнены водой. Ее частицы находятся под влиянием атомно-молекулярных сил, действующих на поверхности тончайших минеральных зерен. Это взаимодействие возникает благодаря особому строению кристалликов глинистых минералов и электрическим особенностям молекул воды, о которых уже упоминалось в первой главе.

Конечно, движение воды через глину происходит, но оно в тысячи и десятки тысяч раз медленнее, чем в тех же песках. Даже движение улитки по сравнению с водой в глине покажется «космическим». За сутки в такой породе вода при благоприятных условиях может просочиться на 0,5—1,5 мм. Чтобы пройти путь в глине в 1 м, воде потребуются многие месяцы и даже годы (рис. 16).

Некоторое ускорение движения возникает в том случае, когда в глине содержится неравномерное количество солей, растворенных в поровой воде на разных участках породы. Тогда возникает перемещение природных растворов от мест с высокой концентрацией солей к местам с их малым содержанием. Быстрее вода движется при нагревании отдельных частей породы. В этом случае ускоряется ее перемещение от холодных к нагретым местам.

Теперь мы можем начать разговор о пути движения дождевой капли. Представим себе лежащий на поверхности слой песка. Прошел дождь. Капельки быстро просочились вглубь по крупным порам и, увлекаемые силой тяжести, стали опускаться все ниже и ниже. Но вот пласт песка кончился.

Рис. 17. Струйки встречаются водоупор и образуют грунтовые воды.



Дальше идет слой глины. Дорога воде прочно закрыта. Капелькам деться некуда, и они начинают накапливаться, их становится все больше и больше. Над глиной в песке образуется слой воды. Глина играет роль упора для воды. Поэтому говорят, что первый пласт глины от поверхности — первый водоупор. Над ним в песке постепенно образуются значительные скопления воды. Обратите внимание, что скопление ее идет одновременно на

значительной площади, определяемой участком распространения песчаного слоя и подстилающего его глинистого пласта.

А теперь выроем колодец, и когда он достигнет поверхности накопившегося слоя воды, в нем весело заплещется такая нужная нам вода (рис. 17).

Скопления воды в песке над глиной ученые назвали водоносным пластом (или водоносным горизонтом). Первый от поверхности слой воды над первым водоупором получил название грунтовой воды. Она является источником воды для многих городов, сел и деревень. Теперь легко можно представить себе, что чем дальше от поверхности земли залегает водоупор, тем глубже придется рыть колодец. Однако положение поверхности воды в колодце зависит не только от глубины водоупора, но и от толщины слоя грунтовой воды над ним или, как говорят гидрогеологи, мощности водоносного пласта.

Но не только глина может являться водоупором. В этом качестве могут выступать сланцы, граниты, базальты и другие скальные породы, которые при отсутствии или малой трещиноватости также не пропускают воду.

Грунтовые воды в колодце после отбора нескольких ведер обычно снижают свой уровень, однако через некоторое время он опять восстанавливается. Это происходит потому, что из окружающего участка вода устремляется к месту, где ее уро-

вень ниже. Скорость притока зависит от водопроницаемости окружающего слоя песка или гравия. Чем крупнее поры слагающих слоёв пород, тем быстрее идет приток воды. Конечно, действуют и другие факторы — количество воды в водоносном горизонте и величина достигнутого понижения уровня воды в колодце.

Грунтовая вода, залегающая на первом от поверхности слое глины (водоупоре), всегда стремится двигаться. Эта неукротимая любовь к движению связана с уклоном поверхности грунтовой воды, которая часто зависит от уклона поверхности водоупорных пластов. Вот по этому уклону вода и течет в своем вечном стремлении к движению. Поэтому гидрогеологи говорят о потоках грунтовой воды. Встречаются случаи, когда водоупор образует чашеобразную впадину, тогда вода здесь при определенных условиях неподвижна и образует «грунтовый бассейн».

Опять недоуменный вопрос

В XVIII веке были люди, которые выбирали в качестве своей специальности поиски воды под землей и ловко указывали места, на которых можно было рыть колодцы. Эта профессия была окружена таинственностью. В основе их искусства

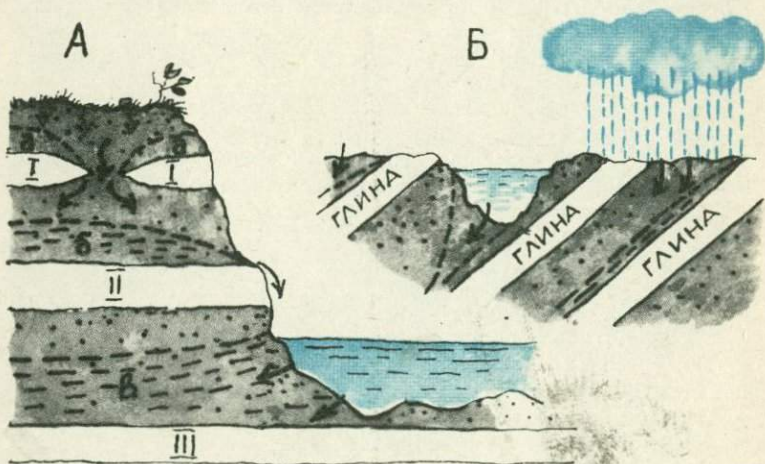


Рис. 18. Вода под землей:

А — вот так появляются второй и третий слои подземных вод; Б — вода находит путь в глубокие слои по наклонным пластам, выходящим на земную поверхность

находить воду под землей лежал опыт поколений. Даже для этих людей оставалось загадочным, почему под первым пластом глины встречаются новые водоносные горизонты? Казалось бы, ниже такого глинистого пласта воды не должно быть. Ведь под дном кастрюли, наполненной водой, она отсутствует. В чем же дело?

На этот вопрос ответить не сложно. Прежде всего пласт водоупорной глины может не быть сплошным. Тогда вода будет поступать в образующиеся в нем «окна». Или пласты глины ограничены в пространстве и где-то заканчиваются или, как говорят геологи, выклиниваются. В обоих случаях вода, инфильтрующаяся с поверхности, может, миновав первый слой глины, двигаться вглубь до второго горизонта (рис. 18, А), а затем и далее. А уж вода найдет себе дорогу.

Возможен и второй путь. Если пласты, лежащие в верхней части земной коры, имеют наклон, то на поверхности могут выходить по очереди слои глины и песка (рис. 18, Б). В таком случае вода будет поступать с поверхности во все песчаные породы и течь вдоль водоупоров вглубь.

Вода может найти и третий путь. Представим себе долину реки или искусственное море. Если они имеют высокие берега, сложенные вперемежку песками и глиной, то воды реки, водохранилища или озера могут устремляться в них, образуя сразу несколько водоносных слоев. На рис. 18, а показан такой случай в долине Днепра. Особенно много воды поступает в недра во время паводков. Тогда вода особенно «агрессивна» и энергично устремляется по трещинам пород в глубину земной коры.

Таким образом возникает многоэтажное строение — целая серия водоносных горизонтов, следующих друг за другом.



Рис. 19. На высоких участках в степи весной под уплотненным слоем почвы часто накапливается верховодка, исчезающая летом

Рис. 20. Над крупным камнем образовался микрогоризонт воды («верховодка»)



Получается своеобразная этажерка: песок (или другая пропускающая воду порода), в котором накапливается «этаж» воды — водоносный горизонт, затем следует «пол» — водоупор (глина и другая непроницающая воду порода), а далее следующие «этажи» и «полы» (см. рис. 18, б).

Эти воды под землей, находящиеся между вторым и третьим, третьим и четвер-

тым водоупорными слоями, так и называются — «межпластовые» (см. рис. 18, б).

Бывают случаи, когда вода, движущаяся с поверхности, встречает на своем пути случайный водоупор. Таким «полем» для воды могут оказаться любые уплотнения в породах, участок глины и даже предметы, не имеющие прямого отношения к породам. Вот над этим случайным водоупором и накапливается небольшое количество воды, образующее маленькие подземные озера (рис. 19, 20).

Бывают совершенно неожиданные случаи. Например, в долине Дона нами было встречено подобное «озеро» над старинной казачьей лодкой «Чайкой», когда-то захороненной песками реки. Его размеры были в длину 8 м, а в ширину около 3 м. Слой воды был около 1 м. Эти мелкие маловодные горизонты воды в сухое время года могут исчезать, испаряться и инфильтруясь в глубь толщи. Так их и называли — «верховодка». Он часто путает неумелых искателей воды. Вырыли колодец, встретили верховодку, вода как будто есть, а вычерпали 5—10 ведер и далее ее нет.

Люди ходят по поверхности земли и часто не подозревают, что у них под ногами целые «моря» воды. Эти «моря» крайне своеобразны. В них вся водная толща разделена на слои, как в слоеном пироге. Количество горизонтов, их водообильность зависят от особенностей геологического строения, истории развития территории и, наконец, климата. Ученые называли такой

«слоеный пирог» водоносным бассейном. Они очень разные и по вертикальному строению, и по конфигурации в пространстве. Часто разные горизонты имеют различный химический состав заключенной в них воды. Да и пути поступления воды в водоносные слои могут быть разными.

Гидрогеолог всегда стремится изучить не только вопрос о размещении в пространстве водоносных бассейнов и горизонтов, их слагающих, но и повадки каждого из них, характер движения потоков, колебания уровней по времени года и т. д.

Катастрофа на острове Мартиника

Малые Антильские острова служат как бы барьером между Карибским морем и безбрежными водами Атлантики. Среди них остров Мартиника, утопающий в зелени тропических лесов, кофейных плантаций и зарослях тростника, а над этим зеленым морем высится мрачная скалистая вершина вулкана Мон-Пеле.

Восьмого мая 1902 г. неожиданно весь остров содрогнулся от страшного взрыва. Над кратером вулкана появилось раскаленное добела облако, состоящее из палящего газа и твердых частичек. Какой-то миг оно стояло на вершине, а затем покатилося вниз, ускоряя с каждым мгновением свое движение.

Страшное облако на своем пути несло опустошение и смерть. Его температура вначале достигала 1100°C, а затем упала до 210—300°C. За считанные минуты раскаленное облако достигло расположенного у подножия вулкана цветущего города Сен-Пьер, тогдашней столицы острова. Потребовалось только несколько секунд, чтобы его парки, улицы, дома были сравнены с землей и сожжены. 30 000 жителей было в течение нескольких мгновений вычеркнуто из жизни.

А при чем же здесь подземная вода?

Дело в том, что газовое облако, образовавшееся в этот тропический день над жерлом вулкана Мон-Пеле, на 80% состояло из паров воды. Вулканологи предполагают, что именно газообразные продукты, среди которых основную массу составляют пары воды, являются причиной взрывов при извержениях вулканов. При всех вулканических процессах всегда регистрируется выделение больших количеств водяного пара. Так, даже в спокойно изливающихся вулканах Гавайских островов многочисленные измерения показали, что выходящие газы содержат до 70% водяного пара.

Когда вулканическая деятельность начинает угасать, из кратеров начинают постоянно выделяться газы и пары воды.

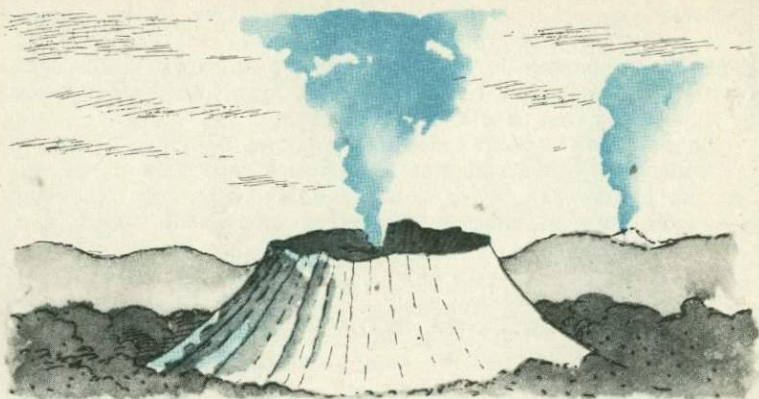


Рис. 21. Очень часто из кратеров вулканов поднимается столб паров и газов

Места выделения пара и газов на склонах и кратерах вулканов были названы фумаролами (итальянское слово *fumare* — дымиться). В Северной Америке имеются группы фумаролов, расположенных в Долине десяти тысяч дымов. Установлено, что содержание водяных паров достигает здесь 99%.

Нет никакого сомнения, что вулканы связаны с подземными водами. В настоящее время предполагается, что основным источником воды при извержениях являются пары и газы, содержащиеся в огненном расплаве — магме, выбрасываемой вулканами из глубоких недр земли.

Ученые полагают, что выделение газов происходит в ходе остывания расплавленных пород (магмы) и резкого уменьшения давления, возникающего во время извержения. Если вспомнить предыдущие разделы этой главы, то можно сделать предположение о том, что вулканы выбрасывают частично и ювенильную воду, которая образуется в ходе выделения газов из огненного глубинного расплава.

Конечно, часть воды может попадать в вулканы и из горизонтов подземных вод, и путем проникновения поверхностных вод по трещинам пород. Полагают, что фумаролы Долины тысячи дымов именно таким путем и получают ее (рис. 21).

Одно время была высказана идея, что извержения порождаются морскими водами, проникающими по трещинам пород. Эта точка зрения сейчас отвергнута, но формирование подземных вод на участках вулканов, расположенных на берегах, за счет инфильтрации воды из моря или океана вполне возможно. Также не исключено проникновение подземных

вод к вулканическим каналам и их участие в процессе извержения.

Вот мы и выяснили, что вулканы тесно связаны с подземными водами. Можно предполагать, что из кратеров временно выбрасывается ювенильная — глубинная вода, увеличивающая общий запас воды на поверхности Земли.

Вместе с тем ученые установили, что основные массы воды, выделяемой при вулканическом извержении, имеют либо поверхностное происхождение, либо связаны с обычными подземными водами.

Если Вам придется любоваться камчатскими или курильскими вулканами, кратеры которых часто «курятся», то вспомните, что это в основном выделяются пары подземной воды (см. рис. 21).



НЕВИДИМЫЕ РЕКИ

Представим себе, что человек уменьшился до размера микроба, оседлал дождевую каплю и пустился с ней в путешествие. Вот она упала на песок и моментально скользнула в пору. Сила тяжести тянет ее все ниже и ниже. Вдруг остановка.

Во всех соседних порах тоже движутся капельки воды. Наша капелька объединяется с соседними, и они образуют тонкую струйку, упорно прокладываящую себе путь в песке. Справа, слева, снизу, сверху — везде видны бесконечные количества таких струй. Временами они соединяются, перемешиваются и опять разъединяются.

Вода как бы струится через тончайшее сито. Это уже движется грунтовый поток вниз по уклону. Струи скользят в песке медленно и величественно. Подземная «река» в ряде случаев может спорить по количеству перемещаемой массы воды с поверхностной. Правда, там скорости потока в тысячи раз больше, зато в подземной «реке» ширина и глубина может во много раз превосходить поверхностную.

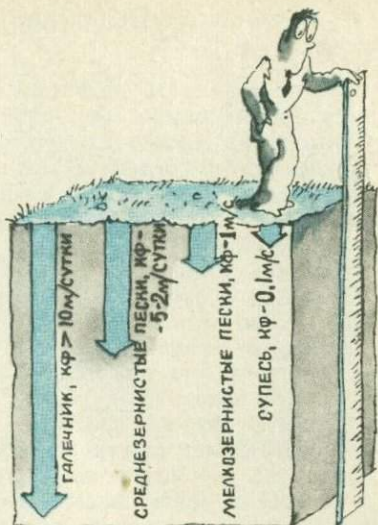
Законы движения воды под землей изучает очень сложный раздел гидрогеологии — динамика подземных вод. В ее основе лежат математические законы гидравлики. Советские ученые Г. Н. Каменский, С. К. Абрамов, Н. Н. Биндеман, А. И. Силин-Бекчурин, И. В. Гармонов и другие много сделали для ее развития. Они установили, что в водопроницаемых породах вода движется в виде мириадов струек, скользящих по порам и трещинам. В XIX веке французский ученый Дарси установил, что скорость движения зависит от величины уклона потока и особой важной характеристики породы — коэффициента

Рис. 22. Коэффициенты фильтрации (кф) различных пород)

фильтрации (кф), зависящего от количества и величины пор. Это очень важный и нужный для практики показатель. Гидрогеологи, чтобы выявить количество воды, которое будет притекать к колодцу, первым делом определяют коэффициент фильтрации. Он позволяет им рассчитать и скорость движения, и количественные характеристики грунтовых потоков. Этот показатель очень важен для любого грунта. Конечно, наибольший — в водопроницающих, наименьший — в водоупорных (рис. 22) породах.

Однако вернемся к нашему путешествию. Струйка, в которой мы находимся, скользит все дальше и дальше. Вдруг свет, солнечные лучи заиграли в потоке воды. Оказывается, наша струйка просочилась в глубокий овраг. Тысячи таких струй, вырываясь из пор породы, образуют в его стенках родники. Если посмотреть вдоль обрывистых стенок оврага, можно увидеть удивительную картину: на определенной высоте сочатся и бегут веселыми струйками по уклону ручейки. Овраг как бы разрезал поток грунтовой воды, и вот подземные воды снова вернулись на поверхность. Нельзя не заметить, что они вытекают из стенок только на определенной высоте, которая указывает на положение уровня грунтовой воды в пласте песка. Таким образом, гидрогеолог, осматривая стенки оврага или балки, может судить об уровне водоносного горизонта внутри массива. Это можно также уточнить, если измерить положение поверхности воды в колодцах. А знание расположения уровня очень важно: оно помогает установить количество воды в пласте и решить вопросы, на какую глубину нужно рыть колодец? Сколько воды можно из него получить?

Так закончилось наше путешествие с дождевой каплей. Но нам с Вами повезло. Могло бы получиться так, что наша капля просочилась бы в более глубокие водоносные горизонты, которые не вскрываются оврагами и балками. Вот тогда нам пришлось бы долго путешествовать под землей.



Водяная скатерть

Такое оригинальное название в гидрогеологии дано поверхности водного потока подземной воды. Эта поверхность совсем не похожа на горизонтальную поверхность пруда или скатерть, постеленную на обеденном столе. В одном месте она приподнята, в другом опущена. Водяная скатерть, как правило, имеет наклон в какую-либо сторону, который соответствует общему уклону поверхности потока.

Глубина грунтовой воды зависит от положения водяной скатерти по отношению к поверхности земли. Там, где впадина — обычно он залегает неглубоко, где холмы — глубже.

Эти характеристики нужно учитывать прежде всего хотя бы для того, что они помогают определению глубины воды в будущих колодцах.

Казалось бы, все просто, но есть одно обстоятельство, которое затрудняет точную оценку этой глубины. Уровень грунтовой воды не останется постоянным. Ведь количество поступающей в землю воды зависит прежде всего от дождей, поэтому он изменяется по временам года.

Читателю, несомненно, ясно, что весной поступление большее за счет талых снеговых вод, паводков на реках и дождей. Летом, когда влажность воздуха мала и нет затяжных дождей, приток уменьшается. Осенью опять дожди увеличивают поступление воды в землю.

Но не только по временам года колеблется уровень. Даже в течение суток он может значительно изменяться из-за отбора воды из колодцев (рис. 23). Особенно проявляется последнее в летнее время, когда отбор воды из колодцев или скважин для полива огородов, садов и других нужд более значителен. Утром уровень наибольший, к вечеру он может резко падать. Величина этих суточных колебаний часто достигает метров. Особенно велики колебания уровня в засушливых районах. Так, изменение глубины воды в колодцах в районе Тегерана достигает 10 м, а в Сахаре — 10—12 м.

Изменения скатерти грунтовой воды происходят не только по временам года и вследствие отбора ее из колодцев, но и от изменения атмосферного давления. Чем оно выше, тем ниже глубина грунтовых вод, и наоборот. Величина колебаний уровня под действием атмосферного давления может достигать 1 м в течение одних-трех суток.

Так же влияют на уровень затяжные дожди или засушливые периоды. Все это делает водяную скатерть подвижной. Она постоянно как бы встряхивается природой. Колебания уровня более глубоких горизонтов воды под землей менее выражено. Однако и здесь могут наблюдаться годовые изменения.

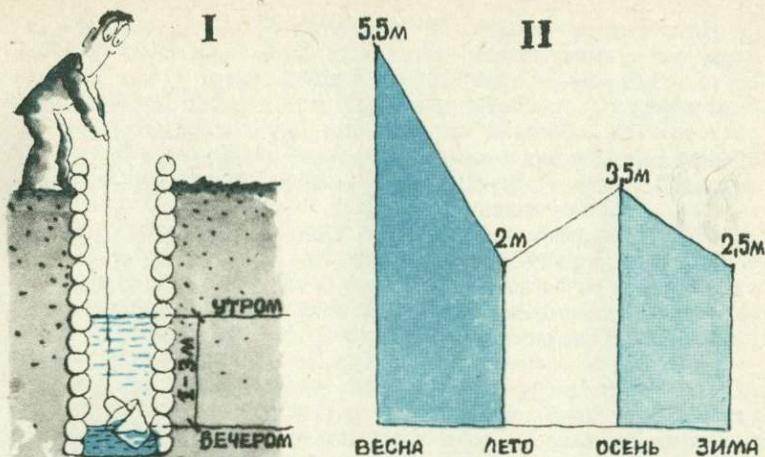


Рис. 23. Колебание уровня воды в колодце по времени суток (I) и по сезонам года (II)

Подземные воды очень чувствительны к общему ходу изменения климата, поэтому наблюдаются колебания положения водяной скатерти многолетние — десяти- и столетние.

Все больше и больше на уровни вод и положение скатерти грунтовых вод влияет деятельность человека. Он вскрывает глубокие карьеры, дорожные выемки, строит метро и сбрасывает в землю массу производственных отходов. Все это изменяет положение подземных вод.

Большое значение имеет вырубка лесов. Ее результатом является падение уровней подземных вод. С другой стороны, высадка лесополос, парков и восстановление лесов ведет к повышению положения скатерти подземных вод. Наблюдения за ее положением или, как говорят специалисты, за режимом подземных вод, является одной из важных задач гидрогеологии. Ученые организуют специальные многочисленные опытные участки на территории СССР для наблюдения за колебаниями уровней, температурой и составом подземных вод.

Реки и озера под землей

Речь идет о настоящих реках и озерах, в которых даже встречаются рыбы без глаз, что связано с жизнью этих организмов в вечной темноте.

Но начнем по порядку. В земной коре довольно распространены известняки, гипсы, ангидриды, каменная соль. Все эти породы обладают одной общей особенностью — они состоят из минералов, способных растворяться в воде. Особенно быстро растворяется каменная соль. В этом легко можно убедиться. Нальем $\frac{2}{3}$ стакана воды и наполним оставшуюся треть поваренной солью. Через 10 минут, если перемешивать содержимое, соль растворится.

Медленнее растворяется гипс. Для растворения 1 кг этого минерала требуется около 480 кг воды. Еще медленнее растворяется известняк — порода, сложенная минералом, называемым кальцитом. Килограмм этой породы можно растворить в 10000 л воды.

Известняки и гипсы часто выходят на поверхность земли или лежат на небольшой глубине. Как и другие породы, они также могут иметь трещины. В одних случаях они тонкие, а в других их ширина может достигать десятков сантиметров и даже метров.

Вода легко проникает в трещины и постепенно растворяет их стенки. Так изо дня в день идет эта разрушительная работа воды. Проходят сотни, тысячи лет, и в таких породах образуются обширные многокилометровые пещеры. Примером может служить Мамонтова пещера, находящаяся в США в штате Кентукки. Здесь вода образовала 223 галереи, 225 проходов и 77 больших гротов. Самый большой зал, носящий название Храм, имеет длину 163 м и высоту 40 м. В этой пещере текут три реки. На них имеется серия порожистых участков и водопадов. В них водится рыба и живут особые виды рачков, приспособившиеся к пещерным условиям. В наиболее крупных гротах находятся три довольно значительных озера.

В пещере Мацоха, находящейся в Чехословакии, состоящей из десятков галерей, гротов и коридоров, по дну главной галереи течет река Пункве. Примечательно, что по ней имеется даже «пассажирское» движение — туристы совершают традиционную прогулку по этой реке на лодках.

Советский Союз также богат подземными пещерами. Особенно пользуется успехом Кунгурская пещера, которую ежегодно посещают тысячи туристов. Ее общая протяженность превышает 5 км. Пещера насчитывает около 60 гротов. Здесь также имеются речки и озера. Наиболее крупное озеро помещается в гроте «Дружба народов». Его площадь достигает 700 м². Даже в этом озере живет слепой рачок. Всего в Кунгурской пещере насчитывается около 300 озер. Замечательной особенностью этой пещеры является наличие в ней ледяных образований: покровов, сталактитов, сталагмитов и т. д.

В районах развития таких пещерных систем, носящих название «карстовых», выделяются текущие вспять реки и исчезающие озера. В верховьях Дуная у г. Иммендинген обширные

карстовые каналы в засушливые годы поглощают всю воду реки. На протяжении 13 км Дунай превращается в подземную реку. В конце этого участка из карстовых каналов воды выходят в виде мощного источника на поверхность и устремляются по всей долине.

Такие исчезающие реки имеются во многих районах развития известняков и гипсов. Их можно встретить на Кавказе, в Крыму, в Башкирии и в других местах.

Этим не ограничиваются чудеса карстовых районов. Например, в Вологодской области имеется Кунст-озеро. Вы видите перед собой обширный водоем площадью до 20 км². Временами здесь происходят удивительные явления. В летнее время вода довольно быстро уходит, и озеро исчезает. Вместо него образуются прекрасные сенокосные угодья. Через какой-то промежуток времени вода снова с шумом возвращается, и озеро вновь предстает во всей красе. Такие чудесные превращения наблюдаются в целом ряде других озер. Во всех случаях вода исчезает через карстовые каналы, расположенные на дне этих озер. Подземные воды в этих карстовых районах находятся в самой тесной связи с поверхностными. Во многих случаях карстовые каналы соединяют два, три озера. Необычайные явления на озерах объясняются изменением режима одного из озер, закупориванием наносами карстовых каналов и другими причинами.

В средневековье эти явления представлялись чудесами, которые творят божественные силы. Они использовались духовенством для усиления своего влияния на местное население.

По карстовым каналам, трещинам, пещерам движутся потоки подземных вод. Их движение напоминает поверхностные потоки — многоводие и значительные скорости. Карстовые подземные воды зачастую представляют собой значительное препятствие при горных работах по добыче полезных ископаемых.

Вода возвращается на поверхность

Читатель уже знает из маленького путешествия, совершенного вместе с каплей воды, что если долина реки или овраг пересекает породу с водоносным пластом, залегающим на водупорной глине, то на месте их встречи возникает источник, ручейком сбегаящий вниз по склону. На таких местах местные жители часто устраивают лотки, устанавливают корыта, бадьи для сбора воды и используют ее для питья и водопоя скота.

В одном из живописных мест южного берега Крыма, на склоне Ай-Петри, в зарослях деревьев имеется небольшая расщелина в известняке. Народное поверье утверждает, что если



Рис. 24. Вот как работает сифонный источник. Когда уровень воды в пещере вследствие притока ее по каналу «а» станет равным высоте колена «б», вода хлынет из источника

во время дождя прийти к ней и играть на пастушьем рожке, то из нее начнет бить источник кристально чистой воды.

Что это за «волшебный родник»? Ведь вода в источниках, выходящих в стенках оврагов и долинах рек, течет постоянно, почему же здесь в Крыму, у склона Ай-Петри, она течет только

временами, да еще нужно играть на рожке. Может быть мы имеем дело с чудом? Но нет на свете чудес, загадка здесь несложная. На рис. 24 показана схема такого «сифонного» источника, встречающегося в карстовых районах. Когда идет дождь, углубление в пещере наполняется водой, и она начинает переливаться через порог, отделяющий канал. Как только излишек воды вытек, источник иссякает до следующего поступления воды.

Заметим, что очень часто дождь может идти далеко от источника, но вода по системе подземных ходов будет поступать в углубление, и тогда водоток возникает без видимой причины. Такие неожиданно действующие источники производят особенно сильное впечатление на людей. Даже в наше время они остаются для многих загадочным явлением.

Эти «сифонные» источники в средние века часто служили объектом поклонения. Им приписывались различные чудеса. Вокруг них нередко создавались легенды и поверья.

Вы спросите, а при чем же здесь рожок? Помните, что играть нужно было в плохую погоду. Как видно, расстояние от водосбора небольшое, поэтому спустя лишь малое время с момента начала дождя «сифонный» источник начинал действовать. Поэтому, рожок здесь был ни при чем, главное — дождь.

Встречаются источники, вытекающие из трещин и расселин скал. Они бывают очень многоводны. В них вода не сочится,

а бьет потоком. Это так называемые восходящие источники. О них разговор будет в следующей главе.

Завершая эту главу, мы должны отметить, что источники встречаются по всему пространству нашей Родины. Здесь подземные воды как бы превращаются в поверхностные. Потоки из мрачных подземных пространств вырываются на простор дневной поверхности.

Вспомните, как приятно в жаркий день в степи отдохнуть у раскидистых ракит, склонившихся над хрустальным родничком, вырывающимся из земли утолить жажду прозрачной водой и побрызгать ею голову, разгоряченную июльской жарой.

Легенды и действительность

Пятнадцатый век. В Аккермане (сейчас Белгород-Днестровский) стоял у власти жестокий турецкий правитель Узун-паша. В сырой мрачной темнице крепости была заключена красавица украинка Парасковея. Паша требовал, чтобы она подчинилась ему. Однажды, когда Узун-паша хотел войти в темницу, ее двери распахнулись, кандалы со звоном покатались в сторону. Девушка птицей взлетела на высокую стену. За убегающей погнались янычары. Вот ее настигли на берегу Днестровского лимана. Уже занесены над ее головой кривые ятаганы. Но тут произошло чудо. Девушка вдруг стала приподниматься и растаяла в воздухе. Янычары же превратились в камни. Там, где были следы от ног Парасковей, из земли и вырвался поток — родник кристально чистой воды. Прошли века, камни источили непогоды, а родник живет. Кто выпьет его воду, становится непобедимым богатырем...

Эта народная легенда пережила века, а родник существует и по ныне.

С незапамятных времен родники и ключи, бьющие из-под земли, были окружены легендами и поклонением людей.

В Древней Греции, по преданию, большим авторитетом пользовалась Сибилла — пещерная прорицательница. Когда нужно было решать важнейшие вопросы — быть войне или миру, кончится ли засуха и другие — обращались к жрецам. Они уходили в пещеру, где жила Сибилла, и громко задавали вопросы. Затем прикладывали к ушам ладони и внимательно слушали. Откуда-то из темной глубины неслись звуки, напоминающие нежный женский голос. Побыв в пещере некоторое время, жрецы выходили из нее и передавали якобы услышанное ими прорицание Сибиллы. Таким образом не раз решались важнейшие государственные вопросы.

Загадка Сибиллы несложна. Выходящий в недрах пещеры ключ издает журчание. Эти слабые звуки усиливаются своеобразной пещерной акустикой. Иногда эти звуки становятся настолько громкими, что напоминают отдельные раскаты грома. Жрецы использовали этот эффект, чтобы по-своему решать государственные вопросы.

Источники или ключи широко распространены на всех континентах. Чаще всего это небольшие ручейки, вытекающие из стенок балок и оврагов. Многие реки начинаются с небольших ключей. Так, великая русская река Волга берет начало из родника, бьющего из-под земли у деревни Волго-Верховье в Калининской области.

Иногда встречаются мощные источники, выходящие из трещин горных пород. Особенно многоводны ключи, вытекающие из карстовых пустот.

Знаменитый ключ Готур-Ата, или Золотой, бьет из известняков у подножия Копет-Дага, неподалеку от дороги Ашхабад — Фирюза. Он дает до 400 л в секунду. Отсюда берет начало значительный ручей, который используется для орошения близлежащих полей.

На юге Франции известностью пользуются Воклюзские ключи — выход из карстовых каналов на поверхность целых подземных рек. Часто название «Воклюзы» используется для обозначения таких же мощных выходов в других странах. Примером могут служить карстовые родники, вытекающие на поверхность из известняков в Крыму, на Урале, в Саянах. Из них вырываются потоки, иногда достигающие 20 м³ воды в секунду.

Сейчас имеется проект снабжения водой ряда государств Европы за счет строительства тысячекилометрового водопровода, который будет забирать из карстовых источников Альп (и некоторых озер) до 2,5 млрд. м³ воды в год. Он будет снабжать население ФРГ, Австрии, Швейцарии и других стран высококачественной питьевой водой.

В одном из недоступных мест Венесуэлы на Гвианском нагорье находится Гора Дьявола. В 1935 году американский летчик Д. Энджел обнаружил здесь самый высокий водопад мира — Сальто-Анхел. Его высота 1054 м. Если его сопоставить со знаменитым Ниагарским водопадом, обладающим уступом в 51 м, то последний окажется более чем в 20 раз ниже этого удивительного венесуэльского чуда. Но самое интересное — водопад Сальто-Анхел образован мощным подземным источником, выходящим из скалы, расположенной на 70 м ниже вершины горы.

Но не только на континентах встречаются выходы подземных вод, есть они на дне морей и океанов. Так, если в тихую погоду понаблюдать в районе Гагр за морем, то можно увидеть движение воды, как бы растекающейся из какого-то центра.

Это выход мощного карстового источника. Он дает до 8 м³ пресной воды в секунду.

В Греции, там где нет рек, встречаются засушливые долины. Можно легко понять, какая радость охватила жителей одного из таких палимых солнцем мест, расположенного у г. Апавалоса, когда обнаружилось, что на небольшом расстоянии от городского пляжа из морского дна бьют мощные источники пресной воды. Но как же получить эту воду?

Проблема была решена довольно просто. Территорию, на которой обнаружили источники, отделили от морской акватории серповидной железобетонной стенкой. В связи с непрерывным поступлением внутри этой ограды больших количеств пресной воды соленая морская вода была вытеснена. Весь объем был заполнен драгоценной для этой части Греции кристально чистой водой, изменившей коренным образом жизнь засушливой долины.



ПОДЗЕМНЫЕ МОРЯ И ОКЕАНЫ

«Французское чудо»

В далеком 1126 году во Франции, в одном из живописных селений провинции Артуа (Артезия), для местного населения рыли колодец. Вначале шла глина. Он становился все глубже и глубже, а воды не было. Хотели прекратить работу. Вдруг дно колодца стало вздвигаться. Испуганный рабочий, находящийся там, быстро стал подниматься наверх. И только он успел выбраться из колодца, как дно с шумом лопнуло, и вода стала быстро наполнять колодец. Достигнув поверхности, она образовала небольшой фонтан.

Посмотреть на это чудо сбежалось все селение. Вода день и ночь била из-под земли. Окружающие участки стали заливаться. Одни говорили, что это дьявол вырвался на поверхность земли. Другие утверждали, что завтра вода перестанет идти. Но проходил следующий день, а фонтан все действовал. Чтобы спасти территорию от затопления, пришлось срочно рыть канаву для стока воды в ближайшую балку.

Прошло некоторое время, и жители привыкли к этому фонтану. Селение имело с тех пор достаточное количество воды для своих нужд. Этим фонтаном стали гордиться. Путники, не жалея лишнего времени, делали кряк, чтобы запастись замечательной водой из фонтана.

Так человек обнаружил существование необычных вод под землей, способных к самоизливию на поверхность. По име-

Рис. 25. Артезианская вода
изливается из скважины



ни провинции Артуа их стали называть артезианскими (рис. 25).

Однако справедливости ради заметим, что о существовании таких бьющих из-под земли подземных вод было известно древним римлянам и жителям Карфагена.

Со временем наука раскрыла тайны источника Артуа. Более того, уже в XVIII веке было установлено, что это не чудо природы, или «игра» природы, а вполне закономерное явление, широко распространенное в земной коре. «Чудо» обернулось для людей великим благом.

Вода, рвущаяся вверх

Почему появляются воды, стремящиеся вопреки своей природе течь не вниз, а подниматься вверх? Ответ на этот вопрос удалось получить тогда, когда геологи сумели изучить строение земной коры. Мы уже знаем, что породы в земле образуют пласты, которые следуют друг за другом: песок сменяет глину, глина — гравий или галечник, потом опять следует пласт глины и т. д. Эта стройная картина часто нарушается из-за странностей нашей планеты. Скорее не странностей, а ее природы. Вот из-за нее земная кора постоянно приходит в движение. Мы уже знаем, что это движение может прежде всего вызывать наклоны пластов. Но не только их наклоны. Оно может сгибать их в складки, разрывать и перемещать пласты. В горных районах движение земной коры особенно интенсивно.

На равнинах складки пологие, а в горах — крутые. Во многих случаях вершины складок более интенсивно размываются водой, и поэтому на таких участках на поверхность выходят как бы срезанные по вертикали пласты то песка, то глины.

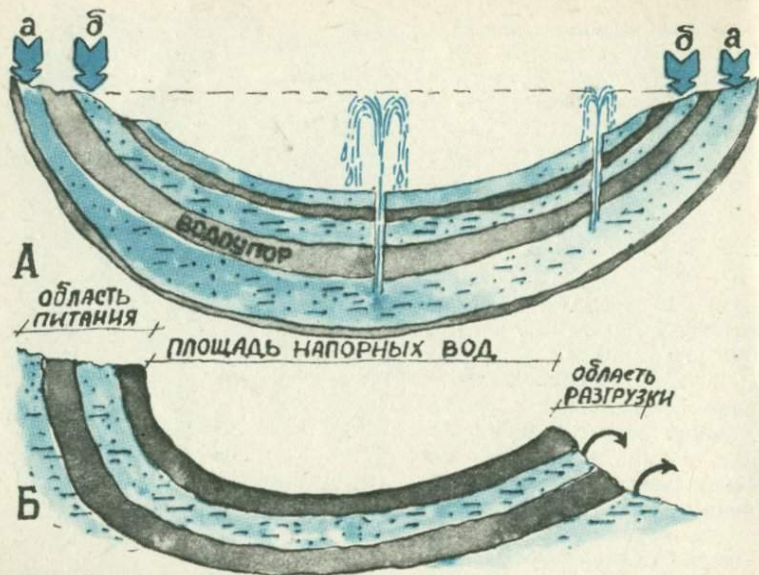


Рис. 26. Артезианские воды

А — так образуются артезианские воды (а, б — пути поступления воды в глубь земной коры); Б — области питания

Особой их чертой является то, что они быстро погружаются в недра земной коры. Получается своеобразная чаша, которая может легко заполняться водой с поверхности (на местах выходов крыльев), как это показано на рис. 26, А. Диаметр таких «чаш» может достигать сотен и даже тысяч километров.

Тысячелетиями вода инфильтруется в пласты, «обнажающиеся» на крыльях. Она постепенно заполняет полностью пространство между глинами (водоупорами).

Если сделать колодец или пробурить скважину в середине «чаш», то, естественно, вода будет подниматься в зависимости от высоты воды в крыльях, или, точнее, от напора, создаваемого ее массой над «поток» или поверхностью верхнего водоупора. Это хорошо видно из рис. 26, А.

В зависимости от положения колодца или скважины может быть получена фонтанирующая или просто поднимающаяся над напором вода. Фонтанирующие скважины иногда представляют собой незабываемое зрелище. Поднимающиеся струи с силой вырываются из обсадной трубы на метры, а иногда на десятки метров.

В большинстве случаев она просто поднимается внутри обсадной трубы на высоту 2-10-50 м над поверхностью вскрытого напорного водоносного горизонта. Чем глубже «чаша» или, как говорят геологи, синклиналь (от греческого слова, обозначающего склоны противоположных гор), тем больше напор. В такой синклинали может быть один, два, три и более водоносных горизонтов, обладающих напором. Так образуются напорные или артезианские бассейны, представляющие собой сочетание водоносных слоев с водоупорами.

Участки на крыльях, откуда поступает вода в «чашу», называли областями питания, а там, где напорные воды могут выходить на поверхность в виде естественных источников, — областями разгрузки, или дренажа.

Обнаружение существования напорных, или артезианских, вод стало великим достижением молодой гидрогеологии и создало прекрасные предпосылки для их использования на службе человечеству.

В конце XVIII и в начале XIX века в Европе началась погоня за артезианскими водами. В течение только XIX века в России были построены тысячи напорных колодцев и скважин. Из них стали получать большое количество прекрасной пресной воды, обладающей в течение года ровной температурой. Они давали неизменное количество воды и казались неиссякаемыми.

Океаны и моря под землей

Человек быстро накапливал знания о чудесных напорных (артезианских) водах. Уже в начале XX века обнаружили существование на земле целого ряда грандиозных бассейнов напорных вод. Давайте совершим экскурсию по этим подземным океанам и морям.

Вот, например, Западно-Сибирский артезианский бассейн, имеющий площадь почти 3,5 млн. км². Он собрал свои воды от Урала до Енисейского края. Это поистине «подземный океан» напорных вод.

В северной части Сахары под песками пустыни находится другой грандиозный бассейн напорных вод, площадь которого достигает 700 тыс. км², а толщина, или, как говорят геологи, мощность водоносного горизонта, достигает 500 м.

Артезианский бассейн-океан имеется в Австралии. Его называли большим бассейном. Он действительно велик и занимает 1736 тыс. км². Его воды позволяют осваивать засушливые и полупустынные территории шестого континента.

Богата артезианскими бассейнами европейская часть СССР. Особенно важны Днепровско-Донецкий, Подмосковский, При-

балтийский артезианские бассейны-моря. Днепровско-Донецкий бассейн имеет площадь около 350 тыс. км². Он распространен в южных областях Белоруссии, на большей площади Украины и захватывает некоторые районы РСФСР.

Подмосковный артезианский бассейн имеет большое значение для водоснабжения многих городов, хотя его площадь сравнительно невелика — всего несколько тысяч квадратных километров. Еще меньше по размерам Прибалтийский бассейн, но и он занимает важное место в снабжении водой Ленинградской, Псковской областей и прибалтийских республик.

В горных и предгорных районах Кавказа, Карпат, Средней Азии имеется много артезианских бассейнов сравнительно небольшой площади, но очень водообильных. Здесь напорные воды накапливаются либо в предгорных равнинах, либо в межгорных впадинах. Одним из наиболее крупных является Восточно-Предкавказский бассейн, площадь которого достигает 200 тыс. км².

Что касается бассейнов в межгорных впадинах и долинах, то площадь их распространения редко превосходит несколько сотен квадратных километров, достигая иногда 1000—3000 км².

Крупные артезианские бассейны имеются в Европе (Парижский, Венгерский, Пиренейский). В США крупнейшими подземными морями являются Дакотское, Вайомингское и др.

Роль артезианских вод трудно переоценить. Достаточно сказать, что десятки тысяч населенных пунктов получают из них питьевую воду. Такие центры, как Москва, Киев, Баку, Алма-Ата, Харьков, Полтава и многие другие снабжаются высококачественными артезианскими водами. За рубежом артезианские воды используют во многих странах. Такие города, как Париж, Лондон, Западный и Восточный Берлин и др., получают из них воду. К этому стоит лишь добавить, что с напорными бассейнами часто связаны лечебные минеральные воды. Упомянем курорты Кисловодск, Ессентуки, Цхалтубо, Старая Русса, Сестрорецк и др.

Артезианские воды — это одно из сокровищ нашей Родины, которые нужно бережно хранить.

Смерть от жажды на баке с водой

... Беспощадное солнце и пески. Они, как волны, тянутся до горизонта. Куда ни кинешь взгляд, везде маленькие и большие холмы желтого раскаленного песка. Пустыня... Безжизненная пустыня... Кажется, здесь века не было жизни. От неимоверной жары плавятся мозги. Но вот вдали что-то мелькнуло. Дви-

жется караван. Еле передвигают ноги истощенные люди и верблюды. Это торговцы, направляющиеся из Айи Сефры в Тиммин. Застигнутые солнцем в пустыне, они уже вторую неделю в пути. Вода кончилась. Вдруг впереди, совсем недалеко мелькнуло озеро, полное воды, ветер гонит по нему волны. Люди остановились. Они знают — это мираж. На многие десятки и сотни километров вокруг только безбрежные пески и нет воды. Колодцы высохли.

Арабы бредут дальше. Губы полопались. Нет сил идти. Предводитель дает команду — привал! Переждать жару и идти, идти, тратя последние силы.

Вечерняя прохлада принесла облегчение. Короткое распоряжение, и караван готовится двигаться дальше. Но не все. Несколько путников остаются неподвижными на песке. Караван уходит все дальше, уходящие не оглядываются, они знают, что многих ждет та же участь.

Сахара... . Вся история людей, живущих здесь, — это история борьбы за воду, борьбы со зноем и раскаленными песками. Пустыня требовала жертв.

Но наиболее удивительным является то, что под песками Северной Сахары всегда было море воды. Тысячелетия люди не знали о его существовании. Только в последнее столетие был обнаружен колоссальный бассейн напорных вод. Вода находится на глубине 30—50 м, а в некоторых местах 200 м.

В конце прошлого столетия началось строительство артезианских скважин, колодцев и фоггаров (подземных каналов). Некоторые буровые скважины дают до 75 м^3 в час. Построены тысячи колодцев и буровых. И все же это очень мало. В настоящее время здесь добывается до $700\,000 \text{ м}^3$ воды в сутки, в то время как ученые подсчитали, что в сутки можно получить $17\,280\,000 \text{ м}^3$. Иными словами, воды из-под земли используется лишь на 3—4%.

Сколько новых оазисов можно создать!

Сейчас правительство Алжира предпринимает попытки расширить сеть артезианских источников.

Несмотря на ничтожное количество выпадающих в течение года осадков (около 100 мм) все же в напорный бассейн ежегодно поступает 10% этого количества, что составляет несколько миллиардов кубических метров воды. В последние десятилетия напорные воды обнаружены и в других частях Сахары.

В нашей стране самой крупной пустыней являются Каракумы. Площадь ее около 300 тыс. км². Она образована песчаными породами, принесенными сюда древними реками Амударьей, Мургабом и Теджентом. Особенностью этой пустыни является довольно широкое развитие грунтовых вод, которые добываются с помощью колодцев. Однако вода в них часто солоноватая.

На территории Каракумов обнаружен крупный артезианский бассейн, получивший название Амударьинского (Каракумского). Пустыня буквально стоит на море воды, хотя воды его в значительной степени соленые. Другая крупная пустыня СССР — Кызылкум, приближающаяся по площади к Каракумам, оказалась обладательницей ряда артезианских бассейнов. Их пресные воды начали широко использоваться для орошения.

Необычно интересные явления обнаружены в пустынях Средней Азии. Вы движетесь по песчаной безжизненной пустыне, и вдруг впереди в море желтизны вы видите зеленый холм. Откуда в песках зелень? Это гидровулканы, участки выходов подземных вод. Вокруг таких источников, выходящих на холмах, окруженных такырами, бурно развивается зеленая растительность. Такие удивительные участки зелени и выходов воды называются гидротерриториями.

Так, страшные своим безводием песчаные пустыни во многих случаях оказываются стоящими буквально на воде. Воды под землей должны помочь их хозяйственному освоению, позволить превратить пустыни в цветущие оазисы.



МНОГОЛИКИЕ ВОДЫ

Пресная и соленая, горькая и ядовитая

В народе о воде говорят: «Где проберется, того и наберется». Вода вечная странница, жадная к поглощению всего встречного. Передвигаясь по порам, трещинам, карстовым каналам, она все пытается унести с собой.

Вода растворяет минералы, газы, органические вещества, этому способствуют особые свойства воды, ее ионизирующая способность, высокая диэлектрическая постоянная, способность к расклиниванию и разрушению кристаллических решеток. Даже так называемые благородные металлы — серебро и золото — растворяются в воде. Кому не известна удивительная лечащая «серебряная вода», в которой серебро находится в виде мельчайших частиц размером от нескольких десятков до нескольких тысячных долей микрона (микрон — одна тысячная миллиметра). Опытами было установлено, что и другие металлы образуют аналогичные растворы.

Эта способность воды приводит к многоликости подземных вод. Химический состав подземной воды является своеобразной ее «визитной карточкой».

Гидрогеологам удастся прочитать эту запись природы. Она используется для выяснения путей, пройденных водой, обнаружения полезных ископаемых, выявления истории образования воды и решения многих других важных вопросов.

В водах под землей обнаружены почти все элементы, входящие в периодическую систему Д. И. Менделеева. Однако

наиболее распространены, как и следует ожидать, элементы, чаще всего встречающиеся в воздушной оболочке и земной коре. Это хлор, сера, углерод, кремнеземы, кислород, натрий, магний, кальций, железо, алюминий. Эти элементы находятся в воде в виде ионов (т.е. заряженных атомов). Но вода не довольствуется только ими. Она удерживает вещества в виде молекулярных и коллоидных (тонко раздробленных) образований. Часто присутствуют в воде органические вещества и молекулы газов — углекислоты, сернистой кислоты, метана, азота, кислорода, гелия и других.

Все больший вклад в композицию состава подземных вод вносит человек. Удобрения, рассеиваемые на пахотных землях, растворяясь, постепенно инфильтруются в грунтовые воды. На тепловых электростанциях из системы гидрошлакоудаления поступает целый набор веществ, из которых нельзя не отметить сернистую кислоту и углекислоту.

Многие неприятные ядовитые соединения проникают в подземные воды на территориях химических производств. В городах под землю уходят зараженные бытовые стоки, среди которых основное место отводится моющим порошкам и другим производным современной бытовой химии. Цивилизация вносит серьезные коррективы в химический состав подземной воды.

Часто можно слышать выражение: «Какая здесь жесткая вода!». В такой воде плохо смывается мыло, не промываются волосы, медленно развариваются овощи, мясо, крупы. Совершенно противоположны качества «мягкой» воды. Получается — жесткая вода — «жестокая», а мягкая — «добрая». Но это не совсем так. В последние годы установлено, что в районах, где для питья используются мягкие воды, люди более расположены к инфарктам. Значит, мягкая вода не всегда «добрая».

Что же такое жесткость? Это качество воды, зависящее от содержания солей кальция и магния. Чем их больше, тем жесткость выше (рис. 27). Вместе с тем если кипятить воду, то часть этих солей (главным образом карбонатных) разрушится и перейдет в осадок. Поэтому можно говорить об общей жесткости — суммарном содержании кальциево-магниевых солей, а также временной жесткости — удаляемой при кипячении — и постоянной жесткости — остающейся после кипячения. Это очень важно, что часть жесткости устраняется кипячением. Такая особенность воды широко используется в промышленности и в быту.

Прежде чем варить пиво, выдвигать кожи или производить сахар, всегда устанавливается величина жесткости воды. В жестких водах многие производства оказываются невозможными. Да и пить воду высокой жесткости нельзя. Вот и получается, что вода воде — рознь. Мы встречаем прекрасные

Ca, мг/л



Рис. 27. В зависимости от содержания иона кальция (или магния) воды могут быть жесткие и мягкие, пригодные и не пригодные для питья

пресные воды, содержащие мало солей, и жесткие, неприятные на вкус воды, засоренные кальциево-магниевыми солями.

Широко распространены в земле воды, содержащие хлориды натрия и калия. Эти воды солоноватые или совсем соленые. Если к ним

добавляются еще хлористо-магниевые соединения, то они становятся горько-солеными.

Иногда воды оказываются ядовитыми. Чаще всего с ними мы встречаемся в промышленных районах и особенно на территориях химических комбинатов. Такие грунтовые воды могут содержать и ядовитые химические соединения, различные кислоты, вредоносные бактерии. Мы теперь видим, насколько разнообразны подземные воды, как они многолики.

Моря соленой воды под землей

Давайте возьмем литр воды из колодца и поставим его на огонь. Дадим воде вскипеть. На стенках нашего сосуда останется белый налет солей. Это так называемый плотный остаток. Взвесив его, мы получим примерное представление о том, сколько содержалось солей во взятом нами литре воды.

Если в колодце была пресная вода, то масса плотного остатка (на один литр воды) не будет превышать 0,5—1 г. В воде, соленой на вкус, плотный остаток составит от 1 до 50 г/л. Если же остаток окажется больше 50 г/л, то тогда мы имеем дело с рассолом. Общее количество солей в рассолах может достигать 100 и даже более 500 г/л. В послед-

нем случае масса растворенных солей приближается к массе воды.

В этом удивительном разнообразии подземных вод, на первый взгляд, трудно разобраться. Многие годы трудились ученые, выполняя тысячи химических анализов подземных вод, и постепенно картина прояснилась. Оказалось, что вся их многоликость укладывается в несколько больших групп. О. А. Алекин предложил делить их на три больших класса: 1) гидрокарбонатные — в которых преобладает гидрокарбонат (HCO_3^-), это, как правило, хорошие питьевые воды; 2) сульфатные, содержащие сульфатный ион (SO_4^{2-}); 3) хлоридные, содержащие ион хлора, придающий воде солоноватый или соленый вкус. Особенно много хлора содержат рассолы.

Теперь, когда мы узнали об основных химических классах подземных вод, встает другой вопрос: все они перемешались и встречаются вместе или природа их разложила по «почкам»?

Природа поступила разумно: пресные, приятные на вкус гидрокарбонатные воды занимают верхнюю часть земной коры. Это очень удобно для людей, так как дает возможность получить питьевые воды из неглубоких источников.

В нижних этажах напорных бассейнов, наоборот, преобладают воды с высоким плотным остатком (до 200 г/л и более). Это область, где царствуют рассолы. Примером может служить Подмосковский артезианский бассейн. Здесь в верхнем этаже, как правило, развиты напорные гидрокарбонатные воды с малым содержанием солей. На нижнем этаже преимущество остается за рассолами. Так, в одной из скважин г. Москвы с глубины 1 500 м была получена вода, имеющая плотный остаток более 250 г/л. Такая же картина наблюдается и в большинстве других напорных бассейнов, что свидетельствует о широком распространении соленых вод и рассолов под землей.

Встречаются соленые воды и рассолы и в ненапорных бассейнах. Их регистрируют чаще всего на территориях месторождений каменной соли, на участках древних оросительных систем и, наконец, у берегов и в донных слоях морей и океанов.

Возникает законный вопрос: «Откуда берется столько соли в подземных водах?» Ученые установили, что источниками солей могут служить прежде всего породы, по которым движутся подземные водотоки, а затем морские воды, захваченные из водоемов накапливающимися донными отложениями. В порах отлагающихся на дне морском песков или глин, конечно, будет удерживаться соленая морская вода. Специалисты ее называют захороненной водой.

Источником солей может также служить современная морская и океанические воды, инфильтрующиеся по порам и трещинам пород, слагающим берега.

Свою лепту вносит и человек. Стоки химических заводов и ряда других промышленных предприятий часто бывают насыщены солями. Наконец, соли накапливаются при неправильном ведении орошения и непродуманной системе удаления излишков поливных вод. Таким образом, существует немало источников засоления подземных вод.

Радиоактивные

В далеком 1896 году супругами Кюри и Беккерелем впервые было открыто явление радиоактивного распада. Затем обнаружилась целая группа элементов, обладающих способностью к самораспаду. А уже в 1902 году в минеральных источниках было установлено присутствие радона. Тогда люди узнали о существовании радиоактивных вод.

Затем с годами было обнаружено, что многие воды под землей содержат радий. Более того, это оказалось не редкостью, а широко распространенным явлением. Как правило, радиоактивность присуща соленым подземным водам и рассолам. Этими водами интересуются бальнеология и народное хозяйство. Поэтому возникло целое направление в науке о воде под землей, получившее название «радиогидрогеология».

Ученые установили, что в подземных водах встречаются главным образом радон, радий, уран и торий. Эти удивительные элементы обладают способностью к радиоактивному распаду. Наиболее тяжелым по массе является уран. Он медленно самораспадается, темп его разрушения оценивается по периоду полураспада, т.е. времени, необходимому для распада половины массы. Для урана он равен 4,5 млрд. лет. В результате его распада образуется ряд новых элементов и среди них радий, который имеет период полураспада 1 590 лет. Распадаясь, он также дает жизнь целой серии новых элементов и среди них радону. Этот последний, в свою очередь, имеет период полураспада только 3,8 дня.

Самостоятельную семью радиоактивных элементов дает торий, период полураспада которого крайне мал. В подземных водах иногда встречаются некоторые из элементов — продуктов его распада.

Конечно, радиоактивных элементов в водах под землей крайне мало. Содержание радия измеряется миллионными долями миллиграмма в литре воды. Несколько больше содержится урана. Его количество оценивается в десятках тысячных, тысячных и редко в сотых долях миллиграмма на литр. При этом следует добавить, что в разных типах подземных вод содержание радиоактивных элементов отличается в сотни и тысячи раз. Откуда же в подземных водах берутся радиоактивные элементы?

Прежде чем ответить на этот вопрос, давайте посмотрим, содержат ли их поверхностные воды. Оказывается, содержат. Было установлено, что в водах рек, озер, морей и океанов всегда присутствует то или иное количество радия и урана.

Теперь как будто все ясно. Вода из поверхностных источников инфильтруется в землю и приносит радиоактивные элементы в водоносные горизонты. Однако в подземных водах концентрация радия и урана в сотни и даже тысячи раз больше, чем в составе поверхностных вод. И еще одна подробность: в реках, озерах, морях и океанах не содержится радон, распространенный только в подземных водах.

Явно, что имеется еще какой-то путь проникновения радиоактивных элементов. Другим источником радиоактивности могут явиться сами горные породы, через которые фильтруется вода. Известно, что во многих породах содержатся минералы, в состав которых входят радий, уран, радон или продукты распада тория. Потоки подземных вод, постепенно растворяя эти минералы, как бы «выхватывают» содержащиеся в них радиоактивные элементы.

Возможен и третий путь — поступление его в воды под землей из глубоких недр. Об этом можно судить по появлению в вулканических продуктах радиоактивных элементов. В них встречено более 20 радиоизотопов и среди них уран, торий радий и др.

Радиоактивные элементы содержатся и в космических телах. Многие из падающих на землю метеоритов включают те или иные радиоактивные элементы. Таким образом, космическое вещество также является источником поступления радиоактивных изотопов в подземные воды.

Наконец, все более крупным источником становятся радиоактивные отходы биологические и промышленные. Вместе с атмосферными осадками попадают в воды под землей продукты ядерных взрывов. Особую опасность представляют жидкие радиоактивные отходы. В 1960 г. только в США количество этих отходов составило 10^{10} л, или 10 млн. м³. Как мы видим, источники поступления радиоактивных изотопов в подземные воды весьма разнообразны.

Можно ли заправить машину водой вместо бензина?

Что за странный вопрос? Конечно, нет. Но не будем торопиться.

Как-то в один из дней к водопроводной колонке лихо подкатил новенький «Москвич». Из машины вышел водитель и подошел к крану. Удостоверившись, что вода идет, он вынул шланг. Один конец шланга был присоединен к крану, а другой

к бензобаку. Прохожие с удивлением стали останавливаться. Кто-то даже сказал водителю: «Вы, наверно, что-то перепутали, воду нельзя лить в бензобак». Однако водитель спокойно продолжал эту странную операцию. Затем он снял шланг и положил его на место. Закрыв бензобак, водитель занял место у руля. Мотор мягко заработал, и машина тронулась, быстро набирая скорость. Удивленные свидетели этой сцены долго стояли на тротуаре, смотря вслед удивительной машине. Действительно, двигатель внутреннего сгорания, работающий вместо бензина на воде, — это нечто невиданное.

Это не сказка, а быль. Дело в том, что в одном из украинских институтов после длительных поисков был создан новый препарат, получивший наименование ЭАВ. Это вещество способно эффективно разлагать воду на кислород и водород. В свободном виде эти два газа обладают высокой потенциальной энергией. Создать двигатель, в котором горючим служат эти газы, не является проблемой.

Случай, о котором мы рассказали, — это опытная эксплуатация подобного автомобиля. Конечно, сделаны еще только первые шаги. Препарат ЭАВ пока стоит очень дорого, но лиха беда начало.

В будущем вода может быть не только источником питьевого и технического водоснабжения, но и поставщиком энергии. Заметим, что этот путь развития автотранспорта поможет решить проблему загрязнения воздуха городов. Тогда подземные воды приобретут особое значение как самый доступный и дешевый источник энергии для заправки автомашин, ибо они практически вездесущи на просторах всех континентов.

Богатства, плавающие в воде

Чего только в воде нет! Мы уже отмечали, что в ней есть все элементы периодической системы Д. И. Менделеева. А что если использовать подземные воды как жидкую руду для добычи нужных нам веществ? Оказывается, что это вполне возможно.

Использование подземных вод в этих целях уже имеет длинную историю. Еще в IX—XI веках начали использовать соленые воды и рассолы из-под земли для выпаривания из них поваренной соли. Такие промыслы существовали в Польше, Германии, Италии, России и в других странах. В древней Руси соли извлекались на территориях теперешних Кировской, Ярославской, Пермской и других областей. Некоторые населенные пункты в своих названиях сохранили память о тех далеких временах, например — Соликамск, Сольвычегодск и др.

На пользующемся мировой известностью курорте Карловы Вары (ЧССР) из подземных источников с XIX века добываются тысячи тонн глауберовой соли и соды. Во время Великой Отечественной войны москвичи также приспособились получать соль из подземных вод.

В XX веке использование подземных вод как «жидкой руды» с каждым годом стало неуклонно расти. Теперь гидрогеологи ищут воду не только для питья и технических нужд, но и как промышленное сырье.

В подземных водах в высоких концентрациях находятся такие элементы, как йод, мышьяк, бор, калий, никель, вольфрам, литий, медь, свинец, цинк, германий и др. Однако использование огромных минеральных богатств подземных вод находится пока еще на недостаточном уровне. Расширение его — вопрос ближайшего будущего.

Пожалуй, наиболее широко в настоящее время осуществляется добыча из подземных источников йода и брома. Достаточно сказать, что йод и значительную долю брома в СССР получают из подземной воды.

Пригодными для экономического использования йода считаются подземные воды, содержащие в литре 20 мг йода. Во многих скважинах содержание йода оказывается от 70 до 200 мг/л и даже более. Йодо-бромные подземные воды встречаются во многих областях СССР: в Предкавказье, Средней Азии, Азербайджане, Пермской области, Сибири. Построен и работает целый ряд йодо-бромных заводов.

О количественном содержании некоторых веществ в подземных водах можно судить по данным анализов воды. Так, например, в 1 л воды из скважины, пройденной в Западном Предкавказье, содержание йода оказалось равным 42 мг и брома 241 мг.

Специалисты подсчитали, что только из одной скважины в течение года при имеющейся производительности можно получить до 400 т йода и около 5 000 т брома.

Часто йодо-бромные воды связаны с нефтяными месторождениями, что обусловлено образованием нефти из морских растений и организмов, содержащих также бром и йод. В ряде стран за рубежом из подземных вод осуществляется добыча бора, лития, германия, мышьяка. Но все это пока в сравнительно малых количествах.

В литературе имеются описания скважин, выдающих горячие рассолы, в составе которых много разных металлов. Так, по данным шведских ученых, в районе Красного моря в горячих рассолах присутствуют железо, марганец, цинк, свинец, медь и другие металлы. Все это открывает возможность использования термальных вод, содержащих металлы, как жидкой руды. Таким образом, сокровища подземных вод ждут человека.

Чтобы завершить наш рассказ о растворенных в воде веществах, нельзя не отметить, что они часто тесно связаны с месторождениями существующих руд. Поэтому для геологов возрастание концентрации какого-либо элемента в водоносном горизонте является указанием на соответствующее месторождение руд. Опираясь на эту закономерность, ученые разработали так называемый гидрохимический метод поисков полезных ископаемых. Так, подземные воды помогают искать рудные месторождения.



ЖАРА И МОРОЗ

Город будущего

Сибирь зимой — горы снега, бураны, морозы. Но вот представьте себе, что вы входите в город. Снега не видно — чистые тротуары. Вы идете вдоль зеленеющих деревьев. Кое-где их ветви согнулись под весом спелых плодов. По улицам движутся автомашины, но ни гари, ни дыма, ни копоти. Тепло, люди ходят в легких костюмах. Заходите в дома, всюду тепло и уютно. Город залит электрическим светом. Вы устали после дальней дороги. И вам предлагают искупаться в бассейне-озере, которое здесь же рядом. Вокруг веселое оживление купающихся, а вне купален сидят любители-рыболовы с удочками.

Конечно, это пока только фантазия, но она вполне реальна. Город будущего покрыт легким совершенно прозрачным пластмассовым куполом. Воздух внутри купола кондиционируется. Под тротуарами и мостовыми проложены трубы, по которым движется горячая вода, поступающая из скважины.

Энергию для работы кондиционеров, электроосвещения, заводов получают от ТЭЦ, работающей на горячей подземной воде. Автотранспорт и некоторые двигатели используют в качестве горючего воду методом ее разложения, поэтому выхлопные газы обогащают атмосферу под куполом водяным паром и кислородом. Плодовые деревья и ягодники, оранжереи и теплицы круглый год дают фрукты, плоды и цветы благодаря

подогреву почвы горячими подземными водами, текущими по трубам, проложенным на небольшой глубине.

Купальные бассейны-озера наполнены опять той же горячей водой, поступающей из скважин.

Заметьте, что чудеса города будущего имеют реальную основу. Они могут быть созданы использованием горячих подземных вод. Применение этих вод и вывод их на поверхность для современной техники вполне возможны. Более того, получаемая таким образом тепловая энергия наиболее дешевая.

В нашей стране горячие воды встречаются во многих районах. Задачей ближайшего будущего является освоение этого энергетического океана.

Кипяток под ногами

Венгрия — страна, бедная энергетическими ресурсами. И вдруг все изменилось. Во многих газетах и журналах появились статьи, сопровождаемые картами, на которых размещались кружки разных размеров. Число и размеры кружков все увеличивались. Наконец, выяснилось, что почти под всей территорией страны находится грандиозный бассейн подземной воды — кипятка.

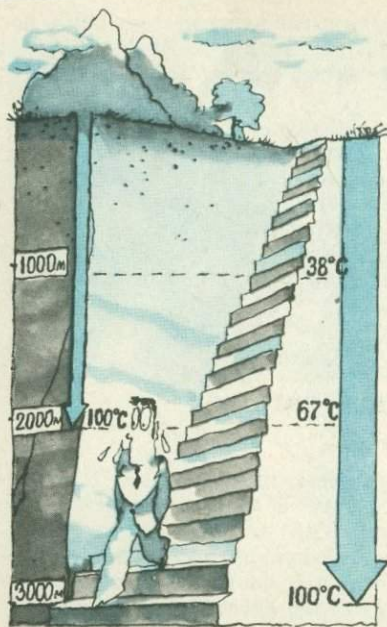
Если мы начнем углубляться в землю, то через каждые 33 м температура будет повышаться на 1°C (рис. 28). На глубине 3300 м она достигнет 100°C . Но в Венгрии повышение температуры на 1°C происходит через каждые 18 м, и на глубине 1 км температура достигает $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$, а в ряде мест и все 100°C .

Вот и решение энергетической проблемы для Венгрии. Сейчас в Солноке заканчивается сооружение электростанции, которая будет работать на подземной горячей воде. Такие ТЭЦ назвали «геотермальными». В 15 городах Венгрии завершён переход отопления домов на горячую подземную воду. В Будапеште построен ряд купальных бассейнов с горячей естественной водой.

Советский Союз также богат термальными (горячими подземными) водами. Мы уже упоминали об артезианских бассейнах. Глубинные этажи этих бассейнов в большинстве случаев содержат горячие воды, температура которых достигает $45\text{--}150^{\circ}\text{C}$. Специалисты называют воды с температурой от 42 до 100°C гипотермальными (или просто горячими), а свыше 100°C — перегретыми.

В настоящее время можно говорить о многих десятках подземных водоносных артезианских горизонтах с термальными водами, обнаруженных в Белоруссии, в центральных областях

Рис. 28. Так изменяется температура пород с увеличением глубины проникновения в землю



европейской части СССР, на Украине, на Кавказе, в Средней Азии, в Сибири, Забайкалье, на Камчатке.

Наиболее значительным источником горячих вод является артезианский бассейн Западной Сибири. Многочисленными буровыми скважинами вскрыты горячие воды на глубинах от 1000 до 3000 м.

На больших глубинах (5000—6000 м) температура воды при высоком давлении достигает 200—300°С. Сейчас еще трудно ответить на

вопрос о том, сколько горячей воды хранится в недрах нашей страны. Можно лишь говорить, что она далеко превосходит по запасам 0,5 млрд. м³. Этот могучий источник тепла ждет своего использования.

Ю. М. Васильев подсчитал, что хранящиеся энергетические ресурсы только в одной Прикаспийской впадине содержат в 840 раз больше энергии, чем мы получаем за счет сжигания угля, нефти, газа, сланцев и дров.

Примером использования термальных вод может служить город Махачкала, расположенный на берегу Каспийского моря над подземным термальным морем. Часть города еще в 1967 году была переведена на отопление подземной горячей водой, получаемой из пробуренных скважин. Ее направили в бани, прачечные, детские сады и ясли. И вот результат — полмиллиона рублей экономии.

Кто не слышал, а может быть даже и посетил знаменитые тбилисские бани. В них используется горячая вода источников, бьющих в долине р. Куры. Да и само название города Тбилиси, что в переводе означает «теплый», произошло от этих горячих ключей.

Предание гласит, что в далекие времена (примерно около

У века н. э.) грузинский царь Вахтанг Горгасали во время охоты поразил своей стрелой куропатку, которая упала в воду. Когда его свита достала куропатку из воды, то она оказалась сваренной. На этом месте Вахтанг Горгасали и заложил город, названный в честь источников — Тбилиси.

Чудесный дар природы

В один из зимних дней мы шли на лыжах по глубокому снегу, уставшие, в окаменевшей одежде, покрытой льдом. Вечерело. Мороз с каждым часом крепчал. Наш проводник скомандовал: «Идем на Паужетку». Мы так устали, что уже никуда не хотелось идти. Затем еще полчаса пути и впереди — туча пара. Повеяло теплом. Как будто из зимы с ее трескучим морозом мы попали в теплое лето. Кругом мелькали струи горячей воды, вырывающиеся по трещинам пород, ручьи и небольшие озера. Из них поднимались клубы пара, согревавшие всю долину. Кто-то предложил: «давайте купаться!». Сначала было даже подумать об этом страшно. А затем, когда, раздевшись, мы погрузились в горячую воду, то почувствовали, что вся усталость как-будто растаяла.

Мы находились на Камчатке в знаменитой долине терм — Паужетке. Здесь выходят многочисленные горячие источники. Однако Паужетка — только преддверие страны гейзеров — горячих источников, периодически извергающихся из-под земли. Если вы от нее пройдете еще немного на восток, то попадете в удивительную местность. Уже на расстоянии нескольких километров слышен могучий шум. По мере приближения слышится шипение и грохот. Встреченные реки несмотря на сильный мороз не имеют льда, а над ними поднимаются облака пара. Еще одно усилие, и вы замираете, пораженные невиданным зрелищем. Кругом из клубов пара взлетают фонтаны горячей воды. Самый крупный гейзер Великан выбрасывает фонтан воды с температурой более 100°С на высоту более 300 м. Неповторимая картина.

Гейзеры (от исландского слова *geysa* — хлынуть) встречаются во многих местах земли. В основном они связаны с вулканическими районами. Гейзеры чем-то напоминают настоящие ритмично извергающиеся вулканы. Отличие заключается в том, что вместо пепла, газов и лавы они выбрасывают пар и горячую воду. Замечательно, что интервалы между этими извержениями строго одинаковы. Что же является причиной ритмичности гейзеров?

Секрет заключается в форме каналов, соединяющих подземный резервуар пара и кипятка с поверхностью. Они имеют вертикальные участки и коленообразные (рис. 29).

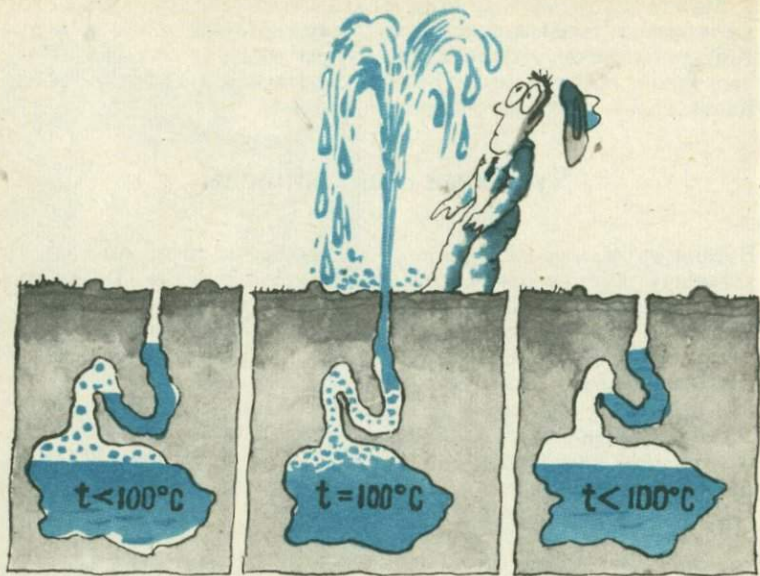


Рис. 29. Действие гейзера

Вода накапливается в вертикальной части канала гейзера и уравнивает давление пара в резервуаре. От этого часть воды в нижней части водяной пробки перегревается, возрастающее при этом давление пара выдавливает часть воды за коленообразный изгиб, что в свою очередь приводит к резкому падению давления в резервуаре. Почти мгновенно находящаяся в нем вода превращается в пар, который с силой выбрасывает всю воду из вертикального канала в воздух, образуя фонтан гейзера.

Фонтанирующий пар и вода охлаждаются и, падая обратно в кратер, (его называют грифон) — углубление у выхода канала на поверхность земли, понижают температуру воды в верхней части вертикального канала. На этом извержение прекращается до следующего этапа перегрева.

Интервалы действия гейзеров зависят от строения каналов, глубины бассейнов, температуры и колеблются от минут до дней.

Классическим примером массового развития гейзеров является Долина десяти тысяч дымов на Аляске. Ее происхождение обусловлено могучим извержением вулкана Катмая (1912 год). В этой долине протяженностью около 25 км имеются десятки

Рис. 30. Большой гейзер в Исландии

тысяч бьющих из трещин паровых струй. Многие из них выбрасывают пар на высоту 100—200 м. Иногда это водные струи, бьющие до высоты 300 м. Выбрасываемые пары состоят на 99% из воды.

В отличие от обычных изменений температуры с глубиной в районах вулканов повышение температуры на 1°C происходит через 0,5—2 м. Это приводит к тому, что уже на глубине 50—100 м температура земной коры достигает 100°C и выше. Измерения температуры в районе Паужетской долины показали что уже на глубине 1—2 м она часто достигает $80\text{—}100^{\circ}\text{C}$.

На Камчатке термальные источники выходят во многих местах. В 60 км от города Петропавловска-Камчатского еще в 1741 году были открыты Большие банные источники. Здесь на поверхность выходит более 500 горячих источников с температурой от 80 до 105°C .

Другим районом СССР, богатым термальными водами, являются Курильские острова.

Во многих других странах мира, там, где располагаются вулканы, также известны гейзерные и термальные поля. В этом отношении особой известностью пользуется Исландия. Здесь в 55 км от столицы страны Рейкьявика в долине реки Хауке находится поле гейзеров. Среди них знаменитый Большой гейзер, привлекающий толпы туристов (рис. 30). Когда-то он извергал мощную струю высотой до 150 м. Название гейзера было впоследствии распространено на подобные периодически действующие горячие источники. В 1957 г. Большой гейзер перестал извергаться. Еще до этого удавалось искусственно вызывать его активность забрасыванием в него 20—50 кг мыльного раствора.

В настоящее время в Исландии действует несколько десятков гейзеров, однако все они небольших размеров. Так, в 200 м



от Большого гейзера, прямо у дороги, с шипением выбрасывает свои воды на высоту 35 м гейзер Строккур. Всего в Исландии насчитывается более 7000 горячих источников. Последние подсчеты специалистов показывают, что они могут давать грандиозную массу энергии, соответствующую энергии, получаемой при сжигании 7 млн. т нефти за этот же промежуток времени.

Мы стоим на поле горячих источников на полуострове Рейкьянес. Из скважины с глубины 1100 м с шипением выбрасываются облака пара, что-то клокочет, дрожит земля. Замеренная температура паров в этой скважине оказалась равной 286° С.

Исландские термальные воды отличаются от камчатских и вод других районов тем, что здесь широко распространены паро-газовые струи и отмечается присутствие большого количества кремнезема, а иногда и водорода. Термальные воды известны также в Новой Зеландии, Италии, Японии, США и в некоторых других странах.

Помидоры и огурцы, бананы и яблоки у Полярного круга

Как уже упоминалось, термальные воды — грандиозные источники энергии. Они как бы выносят на поверхность глубинное тепло земли, запасы которого практически неисчислимы. Они могут отапливать дома, давать тепловую энергию электростанциям, снабжать теплом парники, наконец, поставлять горячую бытовую и техническую воду.

В СССР уже построена Паужетская термальная электростанция. Она получает энергию от сети скважин, у которых на выходе давление составляет 2—4 атм. и температура от 144 до 200° С. Она дает электроэнергию в 115 раз более низкую по стоимости, чем другие электростанции Камчатки. Некоторые источники используют для обогрева зданий на Камчатке.

На термальных водах вулканических районов построены термальные электростанции в восьми странах, дающие около 6 млрд. кВт электрической энергии в час.

Подобная станция имеется в Новой Зеландии, где температура термальной воды достигает 220° С при давлении до 25 атм. Имеются такие термальные станции в Италии, Японии, Исландии и некоторых других странах.

Интересно комплексное использование термальных вод в районе Рейкьявика (Исландия). Здесь первая скважина для получения горячей воды была пройдена еще в 1928 г. в 3 км

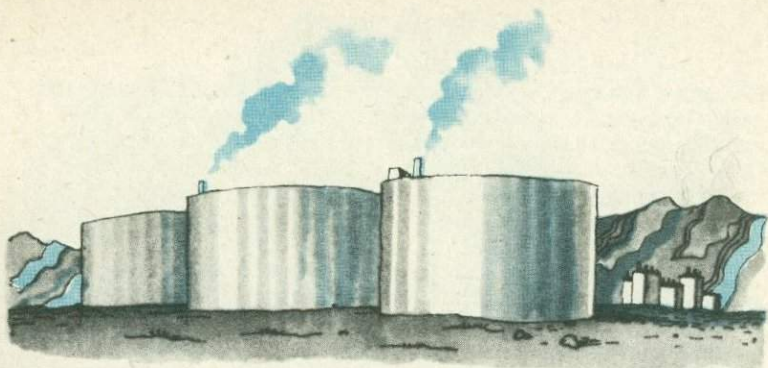


Рис. 31. Резервуары, собирающие термальные воды для снабжения горячей водой столицы Исландии — Рейкьявика

от города. Сейчас уже пробурены 23 скважины глубиной от 770 до 2200 м. Общее количество воды, получаемой из них, составляет 400 л/с, средняя температура ее 130°C .

Вода поступает в сборный коллектор, откуда она перекачивается по трубам в большие круглые резервуары на высоком холме, возвышающемся над городом (рис. 31). Чтобы вода не охлаждалась, трубы покрыты торфяными матами. В восьми резервуарах хранится 8400 м^3 воды. Из них она устремляется самотеком к городским домам. В отопительную систему поступает вода с температурой 75°C . Пройдя через калориферы, она имеет температуру $35\text{—}40^{\circ}\text{C}$ и идет для питья, приготовления пищи, стирки и других целей.

В Исландии построена разветвленная система парников и оранжерей, отапливаемых термальными водами. В них выращиваются огурцы, помидоры, картофель, фрукты. Из последних наиболее часто культивируются яблоки, однако есть теплицы, в которых выращивают виноград. Исландцы говорят, что если нужно, они могут с успехом выращивать бананы. Поэтому стол исландцев всегда украшен сравнительно дешевыми свежими овощами и фруктами.

Вместе с тем можно с сожалением отметить, что этот океан тепловой энергии пока мало используется. Даже в Исландии, где термы расположены буквально у порога селений и городов, имеется всего одна геотермальная электростанция.

Вместе с солнечным теплом термальные подземные воды могут явиться источником дешевой энергии для Советского Союза и многих других стран.

Вода-скала

На дворе январь. Запуржило, и покрыло землю снежным одеялом. Однако и оно не спасает верхнюю часть земной коры от промерзания. Попробуйте копнуть поверхность земли лопатой. Она упрется в прочную преграду. Вода, находящаяся в почве, превратилась в ледяные кристаллы и прочно сцементировала минеральные частицы. Образовавшийся лед сделал рыхлую породу прочной, как скала.

Наступила весна, и льда как не бывало. Ученые назвали это явление сезонной мерзлотой. Там, где климат оказывается настолько суровым, что за короткое и холодное лето смерзшие породы протаивают только в верхнем слое, на некоторой глубине в течение многих лет и даже столетий сохраняется слой замерзшего грунта, в котором часто имеются целые пласты-жилы льда.

Еще в XVI веке стало известно, что в Сибири имеются обширные районы с такими вечномерзлыми, или, точнее, многолетнемерзлыми, породами. В 1640 году Ленский воевода писал в донесении: «А в Якуцком, де, государь, по сказкам торговых и промышленных служилых людей, хлебной каши не чаять; земля, де, государь, и среди лета вся не растаивает...»

В нашей стране многолетняя мерзлота встречена на территории в 10 млн. км², что составляет почти 47% поверхности страны. Она распространена и во многих других странах: Гренландии, Канаде, США, Монголии, Китае, Антарктиде и др., занимая 26% поверхности суши. Толщина слоя мерзлоты колеблется от единиц до многих сотен метров. Особенно велик ее слой в Антарктиде. Освоение территорий, покрытых многолетней мерзлотой, — сложная и важная задача, поэтому возникла и широко развивается отрасль геологии — мерзловедение.

В нашу задачу не входит ознакомление читателей с этой интересной наукой, но гидрогеолог, работающий в районах распространения вечной мерзлоты, обнаруживает, что несмотря на существование ледяных жил, воды-скалы, жидкая подземная вода встречается и здесь. Она играет немаловажную роль в формировании рельефа, народнохозяйственном освоении этих территорий. Где же может помещаться жидкая вода в этом царстве холода?

Как видно, прежде всего, в верхнем слое, протаивающем в течение короткого быстротечного лета. Сюда же поступают и талые снежные воды. Сохраняющийся на глубине мерзлый слой породы является хорошим водоупором, ведь все поры его заполнены льдом.

Толщина протаивающего слоя зависит от климата местности и вида поверхностной породы. Чем южнее, тем теплей, и она

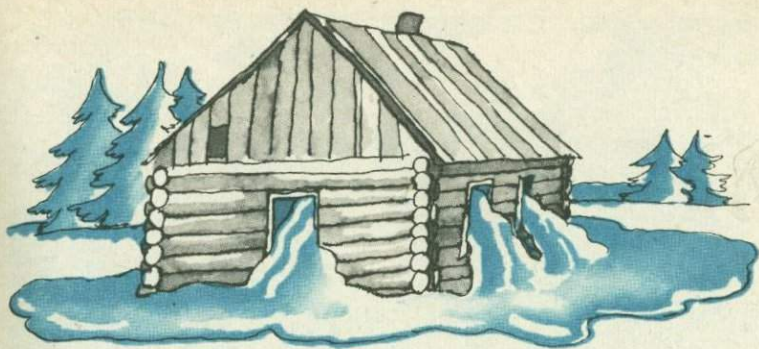


Рис. 32. Наледь «затопила» дом

больше. Под травянистой поверхностью, защищающей породы от яркого солнца, тепло распространяется на меньшую глубину, чем на открытой песчаной. На южном склоне холма тепла в грунты поступает больше, чем на северном. В общем мощность растаивающего слоя колеблется от сантиметров до 3—4 м.

Вот и накапливается за лето в талом слое надмерзлотная вода. Ее появление влечет за собой ряд неприятных последствий. Во многих случаях она служит причиной образования болот. Когда наступает зима и начинается промерзание поверхности, образующийся мерзлый слой как тисками сжимает жидкую воду. Ледяным панцирем сдавливает ее сверху и снизу. В ней возникает значительное давление, которое приводит к приподниманию поверхности земли и образованию на дорогах «пучин».

В ряде случаев вода вырывается из ледяных тисков и затопливает подвалы домов (рис. 32), выемки дорог, образуя наледи. Но с другой стороны, эти надмерзлотные воды могут служить источником хорошей питьевой воды.

Интересным фактом является существование жидкой воды непосредственно в вечно мерзлой толще. Это явление вызывало удивление первых исследователей. Ведь температуры в этих слоях отрицательные. Было обнаружено, что эта странность объясняется непрерывным движением воды по трещинам, а также частым присутствием в ней растворенных солей, понижающих температуру замерзания. Эти воды получили название межмерзлотных.

В слоях вечной мерзлоты часто встречаются целые пласты или линзы ископаемого льда (рис. 33). Эти образования могут достигать десятка и более метров толщины. Такая твердая

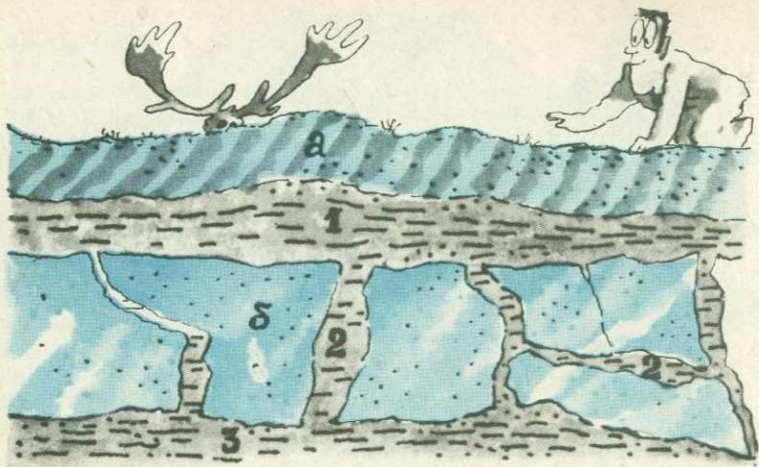


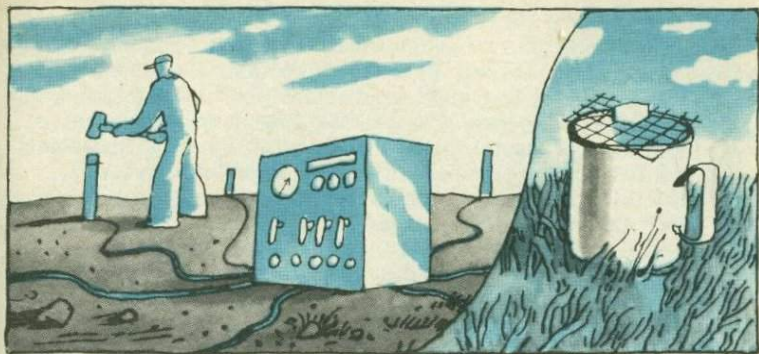
Рис. 33. Вот где находятся подземные воды в царстве вечной мерзлоты

1 — воды надмерзлотные, 2 — межмерзлотные, 3 — подмерзлотные; а — сезонное промерзание, б — слой вечной мерзлоты

фаза может служить крупным источником питьевых вод, необходимо только научиться ее растаивать с наименьшей затратой энергии.

Иногда межмерзлотные воды по трещинам прорываются к поверхности и разливаются по ней. Но здесь их ждет мороз. И вот обширные площади от 100 м² до 20 км² покрываются ледяным панцирем — наледью. Если вода не может пробиться на дневную поверхность, она застывает на некоторой глубине, приподнимая вследствие увеличения объема земные слои. Так образуются ледяные бугры.

Чтобы завершить рассказ об удивительных водах, текущих под землей в областях вечной мерзлоты, следует кратко остановиться на подмерзлотных водах. Под многолетнемерзлой толщей широко распространены подземные воды. Они очень разнообразны и образуют целые бассейны. Глубина их залегания увеличивается с юга на север. Эти воды могут служить прекрасным источником промышленных, а иногда и питьевых вод.



ГДЕ ЖЕ ОНА?

Знахари и шарлатаны

Вода под землей невидима. Иногда она обнаруживает себя ключом, бьющим из стенки оврага, или плещется в старом колодце. Но чаще всего ее нужно искать. Но как искать? Где искать? Эти вопросы всегда стояли перед человеком. В большинстве случаев природа так хорошо спрятала подземную воду, что отыскать ее сразу не удавалось. Только по мере развития науки и техники люди научились находить ее даже в глубоких недрах земной коры.

В прошлые века, когда подземные воды представлялись человеку как непостижимая тайна, их искали знахари, водознатцы и даже церковники. Среди этих разнообразных «специалистов» было много мошенников и проходимцев. Для появления воды в сухом колодце свершались молебны, а в древней Руси — жертвоприношения. Вслед за пророком Моисеем, который, по библейскому сказанию, извлек воду из скалы простым ударом жезла, появились другие церковные притчи о святых, тем или иным способом извлекавших воду из земли. Не будем говорить об их достоверности, отметим только, что они свидетельствуют о существовании уже в древности необходимости поиска подземных источников.

Вместе с тем среди простого народа встречались умельцы, которых в центральных губерниях России часто именовали водознатцами, передававшими искусство поиска воды от поколения

к поколению. Это были люди, которые в результате накопившегося векового опыта знали, где в данном районе может встречаться вода, каковы признаки участков с высоким стоянием грунтовых вод. Опыт передавался по наследству: отец передавал его сыну, сын детям и так совершенствовались способы поиска, в основном, неглубоко залегающих грунтовых вод, необходимых для постройки мелких сельских колодцев.

Приметами присутствия воды являлись виды растительности. Так, например, если встретился пырейный луг, то здесь может быть хорошая вода и главное — неглубоко. Там, где кустятся заросли солянок, вода близко, но она почти всегда солоноватая или неприятная на вкус. Если в июле-августе среди пожелтевшей травы мелькают пятна зелени, сохраняющие свою свежесть, — ищите здесь воду. А вот зашло солнце, и в воздухе затанцевали рои мошки. Присмотритесь к ним, они вьются над участками, где к поверхности близки грунтовые воды.

Вода чаще встречается на низких элементах рельефа, однако ее можно встретить и на бугорке, если сверху супесь, а на небольшой глубине — глина. Вода чаще там, где сверху более песчанистая почва. Ищите воду у речек, около озер. Эти и другие местные признаки широко использовались умельцами и знахарями для указания места закладки колодцев.

Некоторые водознатоцы использовали для поисков кружечку. В ней у поверхности укрепляли на металлической сетке кусочек сахара. Такая кружечка с сахаром ставилась вечером вверх дном на землю, а утром по степени увлажнения сахара и каплям на стенках оценивали близость к поверхности грунтовых вод. Кружечка переносилась с места на место, до того момента, когда водознатец принимал решение: рыть колодец в этом месте.

Как правило, накопленный опыт тщательно скрывали. Чтобы повысить свою ценность, знахари в элементы поиска вносили заклинания и различные культовые приемы. Среди них встречалось немало шарлатанов и проходимцев. Вместе с тем признаки близкого к поверхности залегания воды, обнаруженные народными умельцами, и сейчас представляют несомненный интерес.

«Ищейная» лоза и радиостезия

По степи, медленно шагая, движется человек. Он наклонил голову, как бы присматриваясь к чему-то. В его руках разветвленная ветка лозы, напоминающая по форме детскую рогатку. Два разветвленных конца находятся в его руках, а к земле повернут третий конец.

Человек идет, останавливается, делает шаг назад, замирает и опять движется, то уменьшая, то увеличивая наклон лозы. Несколько раз пройдя вперед, а затем, вернувшись назад, наконец останавливается, вытирает со лба пот и машет рукой, подзывая людей, наблюдавших за его действиями на соседнем пригорке.

Подошедшим крестьянам он указывает под свои ноги: «Здесь ройте колодец! Здесь будет вода!»

Так рассказывали о поисках воды с помощью лозы. Этим способом в XVI—XVII веках искали не только воду, но и металлические руды. Их называли в разных странах различно: «рудознатцы», «лозоносцы», «водознатцы», «прутоносцы» и т. д. В основе этого странного способа лежало ощущение лозоносца, в руках которого ивовый прут над участком высокого залегания грунтовых вод стремился повернуться (рис. 34).

Этот способ был известен и в глубокой древности. Ученые еще в прошлом веке делали попытки его научного обоснования. В результате сейчас возникло новое научное направление «радиостезия».

Вот как рассказывает доктор Радвановский из Варшавского политехнического института, занимающийся исследованиями явлений радиостезии. Человек является сложной биоэлектросистемой. Положительный потенциал занимает голову, а отрицательный — грудную клетку, живот и ладони рук. Атмосфера имеет положительную ионизацию, земля — отрицательную.

А теперь возьмем «волшебную палочку», изготовленную из нержавеющей стали и напоминающую расщепленную ветвь лозы. Она сделана в виде двух никелированных прутьев длиной 40 см из пружинящей стали, соединенных внизу оковкой из нержавеющей стали. Ручки снабжены свободными спиралями, позволяющими палочке свободно вращаться. Идем по участку. Доктор прочно держит все приспособление за ручки. И вдруг «палочка» начинает вращаться, делая поворот к земле. При дальнейшем движении «палочка» возвращается в исходное положение. Несколько шагов назад — и опять она описывает дугу и поворачивается к земле. Доктор говорит: «Это небольшая водяная жила». Он повторяет движения в разные стороны и указывает ее направление.

Этот эффект может получить каждый, а не какие-либо особо чувствительные люди. Каковы же причины, его порождающие?

Сейчас никого не удивляет, что радиоприемник «играет и разговаривает», а ведь никто не видит радиоволн. Человеческий организм при поисках воды в земле с помощью «палочки» действует как биологический радиоприемник, хотя иного типа волн, чем в радио. Явления радиостезии всегда вызывали удивление и недоверие людей. Сейчас, когда извест-



Рис. 34. Лозоносец ищет воду

но, что органические клетки являются полупроводниками, а органические жидкости — электролитами, многое стало понятным.

Грунтовые воды на отдельных участках двигаются с разными скоростями благодаря неоднородности грунта, как бы в природной трубе. При этом следует помнить, что она является электролитом со свойствами жидкого проводящего кристалла, в котором молекулы воды являются диполями. Поэтому поток грунтовой воды является как бы генератором, в котором возбуждение создается магнитным полем. И нет ничего удивительного, что над подземным потоком наблюдаются электромагнитные колебания, действующие на человека.

Конечно, это упрощение некоторых положений радиостезии, но их очевидность, как считает доктор Радвановский, не вызывает сомнений. Им разработан прибор, который действует на принципах радиостезии и регистрирует аномалии в изменениях полей Земли. Так постепенно начинают разгадывать тайну «ищейной» лозы.

Вместе с тем многие специалисты и в нашей стране и за рубежом отвергают этот метод как бесполезный. Надо полагать, что здесь слово за биофизикой — наукой, изучающей взаимодействие внешних физических полей с организмами. Биофизики должны либо дать обоснование радиостезии, либо отвергнуть ее. Однако, судя по всему, биофизические методы могут развиваться и послужить хорошим дополнением для поисков грунтовых вод, близко залегающих к дневной поверхности.

Вода, где ты?

Двадцатый век явился веком бурного развития науки и техники. Потребность в воде растет с каждым днем. Поверхностные водотоки загрязняются промышленными отходами и становятся малопригодными для водоснабжения. Уже сейчас во многих странах начинает ощущаться «водяной голод». Подземные воды нужны все больше и больше.

В результате многолетних исследований ученые создали гидрогеологические карты нашей страны. «Читая» такую карту, специалист может заранее предсказать те места, где можно найти подземные воды, а в ряде случаев даже примерно указать глубину их размещения.

Большую помощь в поисках воды оказывают геофизики — специалисты, изучающие строение земной коры с помощью физических методов. Арсенал современной геофизики велик. Давайте отправимся в гости к геофизикам.

...В степи работают два человека. Один сидит у ящика с панелью, на которой светятся циферблаты приборов. От ящика в стороны расходятся провода. Неподалеку другой человек ударяет регулярно кувалдой по какому-то круглому металлическому предмету. Подходим к работающим. Они любезно объясняют, что ведется микросейсмическая разведка территории. Каждый удар кувалды вызывает невидимые нами колебания пород. Возбуждаемые при этом микроколебания поверхности идут в глубину и, отражаясь от уровня грунтовых вод, регистрируются приборами. По этим отраженным микросейсмическим колебаниям можно установить глубину залегания поверхности воды. В основе этого метода лежит различие в скорости сейсмической волны в рыхлых песчано-глинистых породах и тех же образованиях, но насыщенных водой. Первая находится в пределах 220—620 м в секунду, а вторая — в пределах 1450—2560 м в секунду. ...

...А вот другая группа геофизиков забивает металлические стержни в землю, а потом ведет какие-то измерения на приборе, установленном на треноге. Можно сначала подумать, что это фотоаппарат. Нет, это потенциометр (или более совершенный прибор — счетно-решающий компенсатор), позволяющий измерить разность потенциалов и силу электрического тока в породах, слагающих поверхность земли. А уже по ним легко рассчитать электросопротивление пород. Эти методы получили название вертикального электродондирования и электропрофилеирования. Первый метод, его сокращенно называют ВЭЗ, позволяет в течение нескольких минут определить состав и мощность пород и положение уровня грунтовых вод. Для этой цели на поверхность земли забивают четыре электрода — трубы длиной 70—150 см (рис. 35). К крайним электродам (А,В) подводится

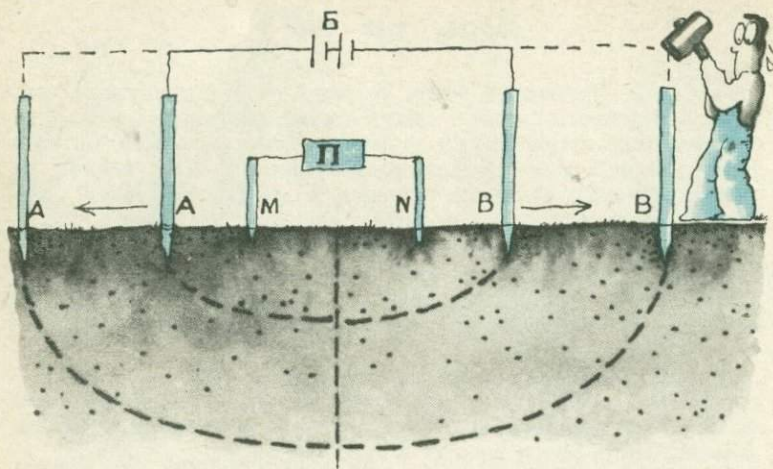


Рис. 35. Геофизики применяют для определения глубины грунтовых вод электроразведку:

MN — неподвижные стержни, *A, B* — перемещаемые стержни, *Б* — батарея, *П* — прибор для измерения

от батареи электрический ток, а с помощью средних (*M, N*) определяется на потенциометре разность потенциалов. Раздвигая электроды *AB*, мы как бы углубляемся в землю, исследуя сопротивление пород по глубине. Последнее равно одной трети расстояния *AB*. Этим методом в зависимости от положения крайних электродов можно провести исследование залегания грунтовых вод на глубине от 10 до 100 м.

На рис. 36 показана зависимость сопротивления пород от их влажности и содержания солей. Таким образом, если мы знаем изменения его величины, то легко можно установить положение уровня грунтовых вод.

Электропрофилирование в отличие от ВЭЗ ведется без изменения соотношения между электродами *ABMN*. Здесь вся система электродов последовательно перемещается вперед по заданному направлению через строго определенные расстояния. Эти промежутки геофизики называют шагом установки. Электропрофилирование позволяет найти скопления подземных вод, выявить участки распространения минеральных и пресных вод и получить еще ряд других подземных данных.

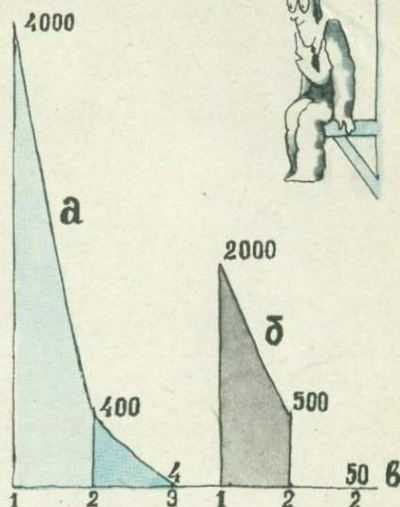
В наше время специалист, вооруженный информацией о строении участка, особенностях гидрогеологического строения, геологии территории, а также геофизическими данными, делает основной шаг в поисках воды — он намечает место, где необ-

Рис. 36. Вот как меняется сопротивление пород в зависимости от состава:

а — песок, б — суглинок, в — глина;
1 — сухой, 2 — влажный пресный, 3 — влажный соленый (Единица измерения Ом.м)



ходимо расположить буровую скважину или колодец. Этот момент очень ответственный, ведь бурение и проходка колодцев стоят дорого и требуют затрат времени и сил. Этот первый очень важный подготовительный этап носит название поиска подземных вод.



Особенно трудно решение вопроса о глубоко залегающих подземных водах, артезианских и межпластовых, которые часто не регистрируются ни физическими методами, ни какими-либо внешними проявлениями. Здесь на помощь гидрогеологу приходят знания геологического строения верхней части земной коры.

Трудность предсказания в глубинных зонах подземных вод является основной причиной, по которой многие глубоко залегающие горизонты подземных вод были обнаружены лишь в последние десятилетия. Можно полагать, что еще многие подземные кладовые воды предстоит обнаружить и поставить на службу народному хозяйству страны.

Слово за техникой

Итак, первый шаг сделан — определено то место, где может быть найдена вода. Отсюда начинается второй этап — ее разведка. Но здесь слово прежде всего за техникой.

Промышленность предоставляет гидрогеологу обширный арсенал техники — самые различные станки, насосы и другие приспособления для разведочных скважин. Размеры станков самые разные — от маленьких, при помощи которых можно пробурить скважину вручную до глубины 5—20 м, до крупных,

позволяющих вести бурение на глубину 500 м и даже 2—5 тыс. м. При этом диаметр пробуренных скважин составляет от 80 до 1000 мм и более.

Многие типы буровых станков монтируются на автомашинах или тракторах, что позволяет быстро перебрасывать их с места на место.

Как работают буровые установки? Принципы их действия различны. Наиболее широко применяются те, в которых порода разрабатывается вращением. В них на конце вращающейся штанги помещаются особые устройства — коронки. Это труба, конец которой сделан зубчатым. На каждом зубе приварены пластины твердых сплавов. Когда возникает необходимость бурения в очень твердых породах, таких, как граниты, сланцы, песчаники, то применяются коронки, в которых смонтированы алмазы.

А вот в другом типе станков разработка пород ведется не вращением, а ударами. Так специалисты и говорят — ударное бурение. В этом случае разработка грунта производится тяжелой ударной штангой (массой от 200 до 2500 кг), подвешенной на канате. Такую штангу, снабженную прочным наконечником-долотом, поднимают на некоторую высоту (от 0,5 до 1 м) и свободно бросают, разбивая породы. Число таких ударов в минуту от 40 до 60.

Оригинально действуют вибрационные установки. В них порода разрабатывается путем вибрации наконечника (стакана с режущим концом), которая создается вибратором, приводимым в действие электромотором. На валу последнего насажен металлический эксцентрик. Такие вибробуровые установки применяются для бурения в рыхлых породах (песках, глинах) до глубины 20—30 м. Что замечательно в этом методе — быстрая проходка 4—6 м в минуту.

Еще более оригинальными являются шнековые установки. В них бурение осуществляется с помощью штанг, снабженных спиралью из стальной полосы, называемых шнеками. Они чем-то напоминают обыкновенные винты. Кусочки породы, попавшие на винтовую спираль, при вращении поднимаются вверх. Этим методом бурятся скважины глубиной 50 м и более в рыхлых породах. Если порода прочная, то ее предварительно разбивают долотом. Этот тип бурения позволяет проходить в течение минуты до 1—10 м.

Но мысль ученых работает далее. Создан электрогидравлический метод бурения, в котором разработка ведется высоковольтными электрическими импульсами в жидкой среде. Разрабатываются установки высокочастотного бурения, позволяющее бурить породы нагревом токами высокой частоты. Можно назвать еще ультразвуковой метод, дробящий породы с помощью звуковых колебаний от 20 тыс. до 1 млрд. периодов в секунду. Успешно развивается реактивное бурение, основан-

ное на нагреве пород реактивными горелками. Эти новые методы позволяют значительно увеличить скорости бурения и повысить их экономичность.

У читателя может возникнуть вопрос: а как сделать, чтобы в глубокой скважине, пройденной одним из методов, не обрушились стенки? Эта задача решается очень просто: по мере углубления отверстия в скважину опускают так называемые обсадные трубы. Они прочно закрепляют стенки скважины даже тогда, когда из недр устремляются к поверхности напорные артезианские воды.

А что если мы захотим проникнуть до какого-то глубокого горизонта пресной воды, над которым будут встречены вышележащие подземные воды, либо засоленные, либо соленые? Здесь опять приходят на помощь обсадные трубы. Только используются они разного диаметра. Сначала начинаем погружать трубу наибольшего диаметра. Когда она пройдет через первый водоносный горизонт, в нее (с поверхности) опускается труба несколько меньшего диаметра, и так столько колонн труб разных размеров, сколько водоносных горизонтов нужно пересечь. Самая нижняя труба снабжается фильтром — сеткой, чтобы избежать засорения скважины песчано-пылеватыми частицами.

В некоторых случаях необходимо устройство колодца. Сделать его вручную — очень нелегкий труд. И здесь на помощь гидрогеологу приходит техника. В нашей стране для этой цели применяют специальные колодезкопатели. С их помощью разработка рыхлых пород ведется специальными бурами, снабженными расширителями. Закрепление образуемых при этом стенок производится железобетонными кольцами.

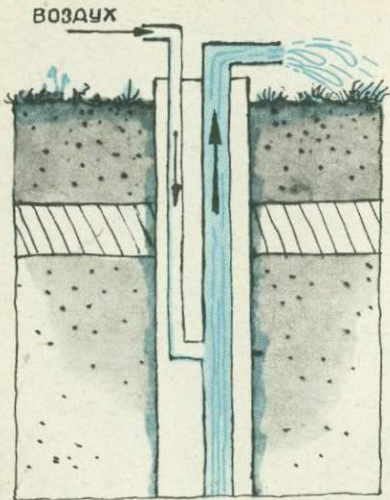
Наконец-то, дошли до горизонта подземной воды. В скважине или колодце плещется вода. Как ее поднять наверх? Но и здесь промышленность пришла на помощь.

Теперь встает задача: как измерить глубину залегания воды в скважине или колодце? Если это несколько метров, то ее можно измерить рейкой или шнуром. Если это десятки метров, в скважину опускается на шнуре «хлопушка» — короткий отрезок трубы, закрытый сверху пробкой. Это название происходит от того, что достигнув поверхности, это нехитрое устройство дает хлопок. После этого замеряется длина выпущенного шнура.

А если глубина составляет сотни метров? Тогда к услугам гидрогеолога электрические или пневматические уровнемеры. Электроуровнемеры — это простые устройства, опускаемые в скважину. В момент достижения ими воды цепь замыкается, и лампочка загорается. И здесь измерителем служит длина выпущенного шнура.

Известна глубина. Остается только поднять воду наверх. Для этой цели созданы разнообразные насосы. Они очень раз-

Рис. 37. Это и есть «эрлифт»



личны и по типу действия, и по количеству подаваемой воды, и по глубине, с которой могут ее поднять. Здесь применяют центробежные насосы, в которых вода поднимается вращающимися колесами с лопастями. Они позволяют извлечь воду с глубины от 6 до 220 м и более. Количество воды, которое центробежные насосы могут давать, колеблется от 1 до 2200 м³ в час. Распространены также штанговые насосы. В этом

случае вода поднимается работой обычного поршня. Они обеспечивают подъем воды с глубины от нескольких до 100 м. Однако количество подаваемой воды сравнительно небольшое — от 1 до 20 м³ в час.

Очень интересны воздушные подъемники. В отличие от других насосов они не имеют двигающихся частей в скважинах. Их действие заключается в том, что в скважину под давлением подается воздух, который заставляет воду устремляться вверх. Они могут поднимать воду с глубины 200—300 м, при этом количество извлекаемой воды составляет от 2 до 230 м³ в час (рис. 37).

Разведочные скважины часто превращаются в эксплуатационные и используются для нужд народного хозяйства. Гидрогеологу приходится следить за тем, чтобы из подземных источников не извлекали воды больше, чем ее восстанавливается в результате естественного притока.

Затем наступает третий этап — передача скважин в эксплуатацию. При этом специалисты путем расчета устанавливают общие запасы воды в водоносных горизонтах, допускаемое количество извлекаемой воды и определяют ее химический состав.

Три этапа: поиски, разведка и передача в эксплуатацию водоносных скважин — это большой и сложный путь, проделываемый для обеспечения городов, сел, промышленных предприятий драгоценной влагой.

Спутники и воды под землей

Двадцатый век уверенно шагает по планете. Он зажег пламя научно-технической революции. Растущие потребности в воде заставляют ученых обращать особое внимание на проблему ее поисков.

При бурении скважин все реже извлекаются образцы пород, а представление о породах, водоносных горизонтах, химическом составе воды получают на основании исследования скважин, получившего название каротажа. Для этой цели применяются и электрические, и термические, и гамма-гамма-каротаж и другие методы.

Широко внедряются ЭВМ для решения вопросов прогноза и вычисления запасов подземных вод. Совершенствуются методы разведки, все более растет техника бурения.

12 апреля 1961 года впервые в мире Ю. А. Гагарин совершил орбитальный полет вокруг Земли. С этого момента началась космическая эпоха. Уже на первых порах своего существования космическая техника стала использоваться для изучения природных ресурсов, естественных процессов, геологических и гидрогеологических особенностей земной поверхности.

Человек вышел в космос. И вдруг оказалось, что несущиеся в околоземном пространстве спутники могут помочь в поисках воды. История исследования подземных вод путем взгляда «сверху» началась еще перед второй мировой войной. Тогда впервые появилась аэрофотосъемка. На первых порах на самолете поднимался наблюдатель, который наносил на карту то, что он видел внизу. После войны распространилось фотографирование территорий по мере движения самолета. Наконец, получили развитие аэрогеофизические и фотоэлектрические методы. Все эти аэрометоды способствовали улучшению гидрогеологического картирования.

После съемки полученные изображения местности анализируются специалистами. Этот важный этап аэроисследования называют дешифрированием.

На аэроснимках при их расшифровке в первую очередь изучаются рельеф и растительность, а затем устанавливается присутствие пород, которые могут вмещать в себя подземные воды. Большой эффект дает также сопоставление районов, в которых гидрогеологическое строение известно, с районами, вновь изучаемыми. Особенно успешно применение аэрометодов в засушливых полупустынях и пустынных областях. Здесь удастся установить не только присутствие грунтовых вод, но и примерную глубину их залегания и даже содержание солей. Аэрометодами часто удается проследить наличие воды до глубины 10—15 и даже 25—30 м. В последние десятилетия стала

применяться аэрофотосъемка в различных частях светового спектра.

В последние годы все большее значение для поисков подземных вод приобретает космическая съемка. Ее высота колеблется от 80 до 150 км (Б. В. Виноградов). Исследования ведутся с пилотируемых космических кораблей «Союз» и орбитальных станций типа «Салют», с баллистических ракет или с искусственных спутников Земли «Космос».

В настоящее время космическая техника шагнула далеко вперед. Если на первом этапе главными методами исследования земной поверхности являлись визуальные наблюдения космонавтов, то затем стало быстро развиваться фотографирование, давшее значительный объем информации. Первые фотографии Земли были сделаны во время полета пилотируемого космического корабля «Восток-2» Г. С. Титовым 6 августа 1961.

В настоящее время применяется ручное и автоматическое фотографирование с помощью специальной космической фотоаппаратуры. По данным Б. В. Виноградова, получен обширный материал космических съемок для решения различных задач геологии (в том числе гидрогеологических) в масштабах от 1:200000 до 1:10000000. Заметим, что карты масштаба 1:200000 являются весьма подробными (1 см поверхности карты содержит 200 м естественной поверхности). Метод фотографирования и сейчас является главным при исследовании поверхности земли.

Дальнейшее совершенствование методов привело к разработке многозонального фотографирования. Это одновременное фотографирование несколькими фотокамерами, в которых используются разные типы пленок и светофильтров, что позволяет получить снимок поверхности в разных спектральных интервалах. Существуют 3—4—6—9-объективные системы, позволяющие легко различать разные естественные объекты, обладающие различной окраской.

Далее появилось спектрографирование, позволившее изучать спектральные отражательные характеристики природных образований. Этот метод дает возможность более детально изучать почвы, растительность и снежные поверхности. Сейчас с успехом применяется телевизионная съемка, которая обеспечивает непосредственный прием изображения на земле. Широко внедряется инфракрасная съемка, позволяющая регистрировать собственные тепловые излучения Земли. Большие перспективы открывает микроволновая съемка (длина волны от 0,3 до 30 см), при которой измеряется радиотепловое излучение земной поверхности.

В результате перечисленных усовершенствований космическая съемка позволила выявить рельеф и геологическое строение поверхности на больших территориях. А эти материалы яв-

ляются основой для нанесения на карту и установления точных границ распространения артезианских бассейнов. В свою очередь, телевизионная съемка открывает широкие возможности для гидрогеологического картирования.

Использование инфракрасной и микроволновой съемки позволяет устанавливать состав покровных пород, слагающих поверхность, и оценивать степень их увлажненности. Это дает возможность сделать значительный шаг вперед по использованию космической техники для целей гидрогеологического картирования и особенно выявления изменчивости грунтовых вод в связи с развитием промышленности и сельского хозяйства. Перед гидрогеологией открываются новые возможности в повышении эффективности и надежности гидрогеологических карт. Так физика, космическая техника и другие отрасли науки приходят на помощь в поисках подземной воды.



КОГДА ВОДА СТАНОВИТСЯ ВРАГОМ

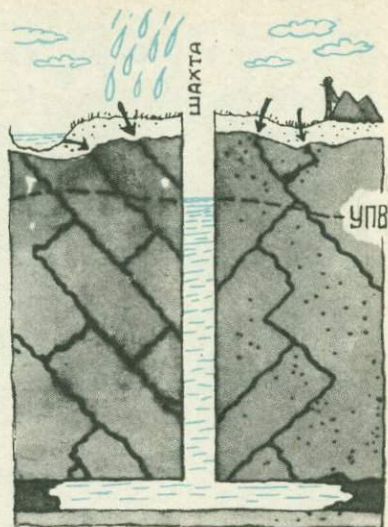
Утопающие богатства

Человек извлекает из подземных кладовых уголь, железо, медь, цинк, олово, строительный камень и многие, многие другие полезные ископаемые. Если месторождения размещаются в сухих породах, над уровнем подземных вод, то извлечение всех этих минеральных богатств не представляет больших трудов. А если они располагаются в горизонте подземной воды? Тогда вода превращается в первого врага месторождения. Начинается битва с ней доступными инженеру средствами.

В историю горного дела вписана не одна страница борьбы с подземными водами, затапливающими рудники и шахты. На Алтае в начале XIX века водослив из Гореловского рудника осуществлялся при помощи 85 лошадей. В XIX веке для этой цели стали широко использовать водяные колеса. Русские умельцы создавали остроумные установки для откачки воды из шахты.

Однако нередко случаи, когда некоторые ценные рудники и сейчас приходится оставлять из-за значительного притока воды. Извлечение подземных ископаемых в таких случаях является неэкономичным из-за больших расходов на откачку воды. Примером могут служить угольные месторождения Кизеловского бассейна. Здесь пласты угля залегают среди известняков. По карстовым каналам и трещинам поступает до 10000—12000 м³ воды в час. Представьте себе подобный поток — это река ши-

Рис. 38. Вода поступает в шахту по трещинам известняка (УПВ — уровень подземных вод)



риной 140 м и средней глубиной 1 м,двигающаяся со скоростью 1 м в секунду.

Конечно, современная техника в состоянии откачать такие количества воды, но вопрос решает экономика, ведь это значительный накладной расход на единицу добываемого угля.

В песчаных толщах к шахтам притекает воды значительно меньше. Часовой приток воды колеблется от 20 до 400 м³. Здесь борьба с ними обычно не представляет трудностей.

Большие притоки часто возникают в трещиноватых породах (рис. 38). В этом случае поступление воды в шахтах может составлять 500—1000 м³ в час и даже более.

В месторождения россыпного золота, платины и других полезных ископаемых, залегающих в песках или глинистых породах, притоки воды значительно меньше — 40—200 м³ в час. Правда, в некоторых случаях они могут достигать 500 или даже 1000 м³ в час.*

Много неприятностей доставляет вода при разработке месторождений путем устройства глубоких карьеров. Они достигают глубины 100—200—300 и даже 500 м.

Такие карьеры обычно вскрывают сразу несколько водоносных горизонтов, часть из которых оказывается напорными. Здесь есть над чем поломать голову и гидрогеологам, и строителям.

Трудности со строительством карьеров для добычи железной руды в районах КМА возникли уже в самом начале. Вскрытие Михайловского карьера, а затем самых крупных Ярославского и Гостищевского — потребовало создания сложной системы водоотлива.

Разработка ряда месторождений на берегах полярных морей оказалась затруднительной из-за притоков соленых вод. Очевидно, подземные воды питались здесь морской водой, проникающей в землю по трещинам пород. Особенно непри-

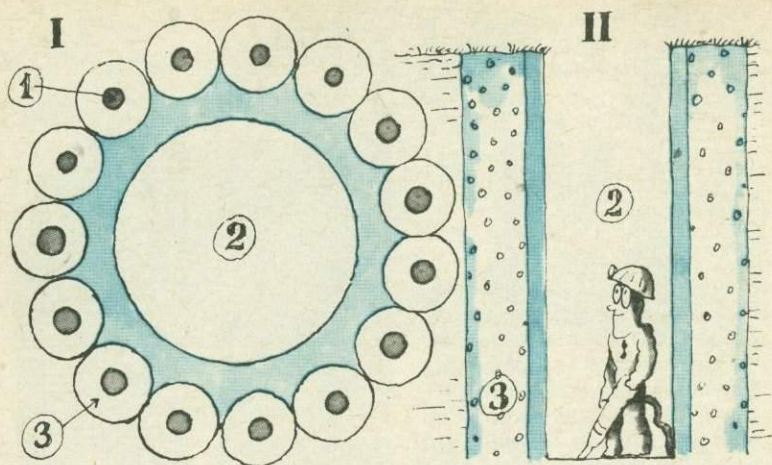


Рис. 39. Чтобы шахта была сухой, в трещины (галечник, песок) нагнетается через скважины цементный раствор или какое-либо другое вещество, задерживающее воду:

I — вид сверху, II — разрез: 1 — скважины для нагнетания, 2 — шахта, 3 — защитный слой

ятно было то, что эти соленые воды были к тому же еще низкотемпературными. Их температура часто достигала минус 5—6°C. Количество притекающей воды колебалось от 10 до 300 м³ в час.

Особенно опасны подземные воды для месторождений калийных и каменных солей. Если в такой соляной массив проникает по какому-либо каналу пресная вода, шахты быстро приходят в негодность.

История сохранила нам память о ряде таких катастроф на соляных рудниках в Прикаспии, а также в Центральной Европе. Поэтому изучению гидрогеологических особенностей таких месторождений придается большое значение.

Большой ущерб и даже человеческие жертвы на шахтах вызывают неожиданные прорывы воды в горные выработки. Подземные воды в этом случае выступают как враг горняка.

П. П. Климентов рассказывает, что в одном из месторождений после очередного взрыва для проходки штрека вдруг появилась масса мутной воды. Перед тем из выработки велась откачка воды насосом, выбирающим 300 м³ воды в час. Однако этого оказалось недостаточно, пришлось подключить еще два насоса, которые откачивали дополнительно 600 м³ воды в час. Несмотря на это вода продолжала прибывать.

Не прошло и нескольких минут, как все три насоса были затоплены, а через 40 минут поток воды затопил всю шахту.

Можно ли справиться с подземными водами? Строители и горные инженеры с помощью гидрогеологов научились бороться с враждебной им подземной водой. В тех случаях, когда вода поступает по трещинам пород, их стараются перекрыть нагнетанием цементных растворов (рис. 39). В других случаях такие трещины заделывают разогретым до 200°C битумом. Дешевым способом является внедрение под давлением 6—7 атм глинистого раствора.

Для рыхлых пород применяется уплотнение их трамбованием, взрывами или введением различных химических веществ. Арсенал инженера для борьбы с водой в настоящее время довольно значителен, и он растет с каждым годом.

Враг строителей

Строится многоэтажный дом с подвалом. Строители должны вырыть котлован глубиной 3 м. Но на глубине 1 м тонкими струйками из стенок и дна начала сочиться вода. Ее становилось все больше и больше. Пришлось остановить работы и поставить насосы для ее откачки. Вода в котловане стала мутной. Пески из стенок, увлекаемые струями воды, принялись энергично оплывать и скоро заполнили открытое пространство.

Опять стали рыть. Одновременно работал насос. Чем больше увеличивалась скорость выемки грунта, тем более его приносилось из стенок с потоками воды. Вода образовала с песком жидкую смесь — пловун. Пришлось прекратить работы и отказаться от открытого водоотлива.

При строительстве тепловых электростанций и многих промышленных предприятий глубина подземных тоннелей, угольных складов, котлованов под высокие трубы может достигать 10—15 м. Тогда становится особенно затруднительным выполнять земляные работы в условиях высокого стояния грунтовых вод.

И в этом случае на помощь пришла техника — были разработаны специальные иглофильтровые установки (рис. 40). В них вода откачивается путем создаваемого вакуума. Сеть таких иглофильтров погружают в грунт вокруг котлована, на некотором расстоянии от его края. Одновременная работа нескольких иглофильтровых установок понижает уровень грунтовой воды, и земляные работы ведутся без ее притока.

Особенно затруднительной является проходка тоннелей метро или железнодорожных тоннелей. Непрерывная откачка

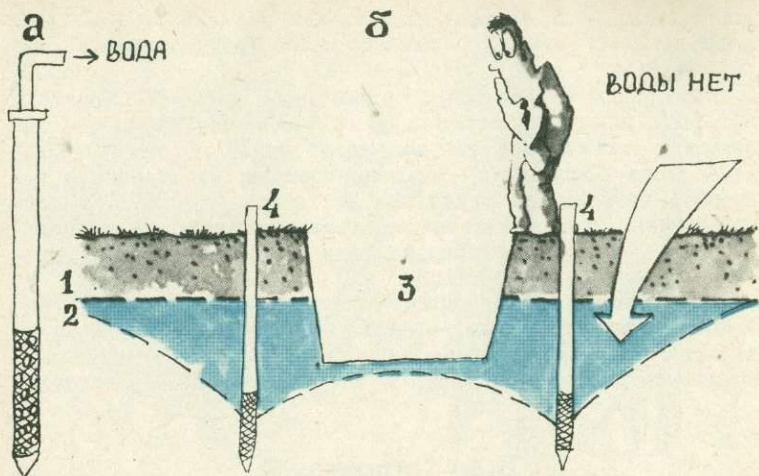


Рис. 40. Вокруг котлована можно понизить уровень подземных вод с помощью откачки ее иглофильтрами:
 а — устройство иглофильтра, б — результат работы иглофильтров. 1 — начальный уровень воды, 2 — уровень после работы иглофильтров, 3 — осушенный котлован, 4 — иглофильтры

воды, да еще при этом с увлекаемым потоком песком, может привести к разрушению зданий, расположенных над тоннелем. Такой печальный опыт имеется у метростроителей. Другой неприятностью для строительства метро являются неожиданные прорывы воды в тоннели. Часто потоки воды двигают за собой песок и уничтожают плоды труда проходчиков.

Вообще строительство метро в условиях мощных водоносных горизонтов, да еще если они напорные, представляет собой сложную инженерную задачу. Вода в этих случаях — первый враг строителей. Всегда на помощь им приходят гидрогеологи и инженеры-геологи. Первые рассчитывают количество воды, ее напор и места поступления в тоннели, а вторые разрабатывают способы борьбы с нею.

Падающая колокольня и погружающийся город

В 1902 г. в одно раннее утро жители Венеции были разбужены страшным грохотом и сотрясением земли. У центральной площади поднималась густая туча пыли. Когда она рассеялась, удивленные горожане не увидели стометровой звон-

Рис. 41. Катастрофа в Венеции

ницы собора Св. Марка (рис. 41). Собравшаяся толпа увидела ее лежащей в развалинах на площади перед собором. Причиной падения, как было установлено позднее, явилась нерасчетливая откачка подземных вод для целей водоснабжения. Она привела к столь значительному оседанию земли как раз на участке звонницы, что последняя, не выдержав, обрушилась.



К счастью, время было раннее, и поэтому обошлось без жертв.

Время идет, а откачка подземных вод в Венеции продолжается. Каждый год поверхность города опускается на 1 см. Возникла реальная угроза поглощения города морем, ведь Венеция стоит на морском берегу.

Неповторимым по своей архитектуре дворцовым ансамблям, художественным сокровищам, которые хранятся в этом центре человеческой культуры, грозит серьезная опасность. Предлагаются десятки проектов для спасения Венеции, но все они требуют больших денежных средств, которых магистрат изыскать не в состоянии. Мировая общественность развернула широкую кампанию за спасение этого уникального города.

Вот еще другой назидательный пример. Город Мехико — прекрасная столица Мексики — испытывает катастрофические погружения поверхности. За последние 20—25 лет здесь творятся странные вещи: наклоняются здания, трескаются храмы. Железные столбы на площади Сокало за 70 лет опустились более чем на 6 м.

И здесь причина та же — возрастающая откачка подземных вод из пепловых илов, на которых стоит город. Чтобы спасти его, решили вернуть в водоносный горизонт отобранную у него за последние несколько десятков лет воду. Решено подавать ее в толщу пепловых илов под давлением ни много, ни мало, как 300 атм.

Процессы опускания поверхности при водозаборе — весьма распространенное явление, выступающее как своеобразная месть природы за нарушение естественного равновесия.

Опускания поверхности городов, обусловленные усилившейся откачкой воды, не редки. Ему подвержены такие центры, как Токио, Осака, Венеция, Рим, Лондон и многие другие. Особенно показательны процессы осадки японских городов.

Так, один из крупнейших городов мира Токио за 35 лет получил опускания поверхности, достигающие 3—4 м. В результате уровень воды в реках и каналах, впадающих в Токийский залив, в ряде мест оказался выше окружающей территории, что создало угрозу затопления их не только поверхности водотоками, но и подтоплением грунтовыми водами. Ежегодная осадка поверхности земли в настоящее время в Токио составляет 19—20 см.

В другом крупном городе Японии — Осаке наблюдается такая же осадка поверхности, а в Нииагате, расположенном севернее, в течение года она достигает даже 50 см.

Все эти явления обусловлены прежде всего непомерным снижением уровня подземных вод вследствие откачки для нужд водоснабжения. В течение последних 25 лет их уровень упал на 60—70 м. Человек как бы подсекает сук, на котором сидит, интенсивно откачивая для своих нужд чрезмерные массы воды.

Специалисты ищут оптимальные пути решения этой проблемы. Первое, что приходит в голову, это сокращение или полное прекращение откачки подземной воды. Однако тогда встает другая проблема — изыскание путей снабжения городов водой.

Искусственные моря и грунтовые воды

Наша страна все более и более покрывается сетью искусственных морей — водохранилищ. Такие крупные водоемы, как Рыбинское, Братское, Цимлянское, Каховское и др., достигают по площади нескольких тысяч квадратных километров. Появление таких крупных водоемов влияет на природные условия, сложившиеся в течение многих тысячелетий. Изменяется климат, меняется фауна — происходят серьезные перестроения в экологической системе окружающей территории. Не во всех случаях можно предугадать возможные последствия создания подобных морей.

Одним из природных факторов, на который особенно воздей-

ствуют водохранилища, являются подземные воды, и в первую очередь грунтовые. Если подземные горизонты залегают глубоко — значительно ниже дна водохранилища — то инфильтрующиеся из них в стенки и дно воды движутся главным образом вниз. Достигнув пласта водоупорной породы, они растекаются в стороны, давая жизнь новому горизонту подземной воды. Но здесь есть одно противоречие. Оказывается, что с течением времени может возникнуть кольматация — процесс заполнения пор грунтов мелкими глинисто-пылеватыми частицами. Это явление способно вызвать резкое снижение водопроницаемости пород, а соответственно и водопотерь из искусственного моря.

В Средней Азии в ряде долин наблюдается такое, на первый взгляд, странное явление: в русле, сложенном галечниками, бежит речной поток. В нескольких метрах устроен карьер для добычи галечника. При этом дно карьера значительно ниже дна речки. Несмотря на это карьер сухой, и в нем нет ни капли воды. В чем же дело? Как это может быть? Казалось бы, карьер давно должен был заполниться речной водой, но этого не происходит потому, что воды многих среднеазиатских рек несут в своем потоке значительное количество мелких частиц — получается как бы густой суп или жидкий кисель. Вот эти частицы и заполняют постепенно поры галечника, уменьшая их водопроницаемость до предела.

Вернемся к водохранилищам и рассмотрим более часто встречающийся случай. Предположим, что в речной долине и прилегающих склонах имеется горизонт грунтовой воды, наклоненный к реке. Вода из него поступает все время в реку, так как занимаемое им положение выше уровня воды в речном потоке. Это очень распространенный случай.

Читатель, наверное, помнит, как во время летнего купания в теплой речной воде местами оказываешься в холодной струе. На этом-то участке и выходит в дне реки ключ грунтовых вод.

Но вот построили плотину, и уровень в реке поднялся на 25—30 или даже 50—100 м. Из «моря» вода начинает поступать в берега. Возникает интересная картина: откуда-то из-под земли несется поток воды к берегам новообразованного моря. В то же время в стенки моря под значительным напором (вспомните, что напор до 30—100 м) стремится прорваться другой встречный поток (рис. 42). Подземная вода, встретив сильное противодействие, начинает толочься на месте. Однако все новые и новые массы воды, вытекающие из массива, не находя себе дороги, начинают накапливаться в пласте.

Специалисты говорят, что возникает явление подпора. Буквально на глазах уровень подземных вод начинает повышаться. До постройки водохранилища он находился на глубине 20—



Рис. 42. Вода, накапливающаяся в водохранилище, вызывает подъем уровня грунтовых вод в окружающей местности

30 м и более. Проходит несколько лет и он может подняться до глубины 1—10 м. Таким образом, вокруг искусственного моря на некотором расстоянии от берега (от сотен до многих тысяч метров) возникает повсеместный подъем уровня подземных вод. Нередки и такие случаи, когда грунтовая вода достигает дневной поверхности или оказывается на небольшой глубине. В результате появляются болота или на отдельных участках развивается засоление почв. Эти процессы часто приносят ряд неприятностей: подтопление зданий, затопление карьеров, деформацию сооружений, возникающую в связи с тем, что прочность мокрого грунта меньше прочности сухого. Поэтому гидрогеолог должен заранее предвидеть, как изменится уровень грунтовых вод после постройки водохранилища.

Вот совсем молодое искусственное Киевское море. Оно вступило в эксплуатацию в 1964 году. По данным И. И. Беспалова, уже за первые пять лет произошло подтопление обширной территории правобережья от с. Казаровичи до самой плотины. Повышение уровня грунтовых вод достигло за этот первый период существования водохранилища 6,5 м. Там, где море плещется в высоких берегах, достигающих 30—50 м, подтопление не возникло, хотя грунтовые воды заметно поднялись. Ширина зоны подтопления колебалась от

0,5 до 5 км, а на отдельных участках даже составляла 10 км. Пришлось переселять жителей ряда населенных пунктов.

Необходимо также добавить, что создание обширного пресного искусственного водоема отражается не только на положении уровня, но и на химическом составе подземных вод. Если они были солоноватые, то может произойти опреснение. Такие проблемы приходится решать при создании искусственных морей. Можно видеть, что подъем грунтовых вод вследствие подпора, с одной стороны, повышая влажность пород и почв, способствует повышению урожайности, а с другой — несет за собой опасность засоления, заболачивания и разрушения зданий и сооружений.

Подземные воды — предвестник и причина катаклизма

На первый взгляд, что общего между землетрясением и подземными водами? Но если взглянуть на них как на часть горных пород, слагающих земную кору, то осуществление такой связи не вызывает удивления.

Когда-то в древности люди полагали, что землетрясения возникают как божий гнев, заставляющий колебаться китов, на которых держится земля.

Современная наука знает, что причины землетрясений — это сотрясения земной коры, возникающие под действием космических и планетарных причин. В горных породах постепенно накапливаются напряжения, вызванные теми или иными действующими в земной коре силами. Этот процесс крайне медленный, но вот наступает момент, когда прочность слоев земной коры оказывается меньшей, чем эти напряжения. В этот миг возникает катаклизм, слои начинают перемещаться, породы разрываться, земля растрескивается — происходит грозное явление — землетрясение, часто разрушающее города и селения, приводящее к гибели сотен и тысяч людей.

Ученые десятки лет работают над задачей, как предсказать приближение землетрясения, чтобы предупредить население?

В связи с этим к интересному открытию пришла группа советских ученых, куда входили Г. А. Мавлянов, В. И. Уломов, Л. А. Хасанов, Н. И. Хитаров и др. Они установили, что землетрясение сопровождается ультразвуковыми колебаниями, постепенно нарастающими, вплоть до критического момента. Оказалось, что последние способствуют выделению из пород радона, который насыщает имеющиеся в районе

Рис. 43. Перед землетрясением растет содержание радона в подземных водах



минеральные воды. Перед землетрясением содержание радона в них резко возрастает, а после толчка постепенно возвращается к начальной величине. Вот это изменение состава подземных вод и может быть использовано для предсказания о приближении землетрясения (рис. 43). Он мало пригоден для слабых толчков, но, начиная с толчков силой 4—5

баллов, прогноз достаточно надежен (80—90% вероятности).

Еще одно интересное явление связано с землетрясениями. Оказывается, что перед подземным толчком возникает повышение уровня воды в скважинах. Величина эта в общем невелика и не превосходит 3—18 см, но это очень показательный факт, подтверждающий тесную связь между землетрясением и подземными водами.

В 50-х годах обнаружилось, что подземные воды в определенных условиях могут явиться причиной землетрясения. Это явление связано со строительством крупных водохранилищ.

Примером может служить Боулдер-Дам — крупное искусственное море в США. Когда его в 1935 году начали заполнять, то после достижения уровня 100 м произошло первое землетрясение. Дальнейший подъем воды сопровождался новыми ударами. В 1937 году водохранилище достигло проектной величины (уровень 145 м), и было зарегистрировано почти 100 толчков.

Но один пример — не правило. Оказалось, что и во многих других случаях возникли аналогичные явления. Печальным примером послужило водохранилище в Койне (Индия), которое в ходе заполнения водой также вызвало целую серию подземных толчков, в особенности один в 1967 году оказался катастрофи-

ческим (около 9 баллов), вызвавшим гибель более 200 человек и ранение около 2000 человек.

Н. И. Николаев установил, что землетрясения возникают после создания напора более 100 м, при этом определяет активность водохранилища не его размеры или объем воды, а одна лишь высота напора.

Аналогичные явления вызываются закачкой воды в скважину. В Японии было вызвано искусственное землетрясение после закачки в скважину 288 т воды, а в районе Денвер (США) при закачке в скважину для целей захоронения сточных вод, содержащих ядовитые вещества, за 5 лет возникло более 1500 сейсмических толчков.

Причины этих явлений пока не совсем ясны. По-видимому, главную роль играет дополнительное напряжение, создаваемое столбом воды в трещинах и порах пород.



ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Лучшие питьевые воды

Кто из нас не любит окунуться летом в прохладную воду реки, озера или моря, но если хочется пить, то все предпочтут чистую, прозрачную ключевую воду. Там, где водопровод получает воду из подземных источников, она хорошего качества и приятна на вкус, летом прохладная, зимой сравнительно теплая.

В Советском Союзе к питьевой воде предъявляются серьезные требования. Она должна быть без запаха и привкуса, обладать прозрачностью. Ограничивается содержание таких вредных примесей, как свинец, мышьяк, фтор, медь, цинк. Их содержание допускается в количествах, абсолютно безопасных для здоровья людей. Жесткость воды должна быть не более 7 мг-экв/л, что соответствует примерно содержанию 140 мг кальция на литр).

Особое внимание обращается на содержание кишечной палочки. Допускается ее количество не более 3 штук в литре воды. Столько этой бактерии для организма не страшно. Количество кишечных палочек (бактерий coli) в литре воды определяет опасность развития желудочных заболеваний. Так, при содержании их более 20 на литр, вода совершенно не пригодна для употребления. Когда их от 3 до 5 в литре — вода является подозрительной, а если их более 10 — просто нездоровая.

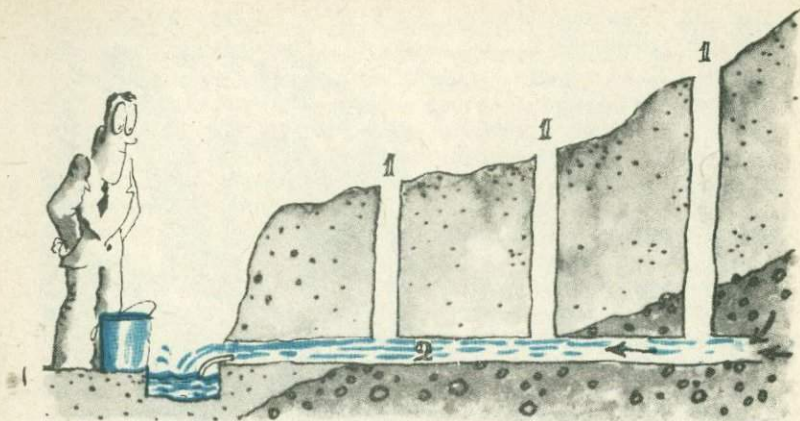


Рис. 44. Вот как в Туркменской ССР с помощью кяризов перехватываются подземные воды
 1 — колодцы; 2 — водосборная и водотransпортирующая галерея кяриза

Этим строгим требованиям воды поверхностных водоемов и рек удовлетворяют редко, поэтому их приходится подвергать серьезной обработке и обеззараживанию. Часто воды также хлорируются, что не улучшает их вкуса.

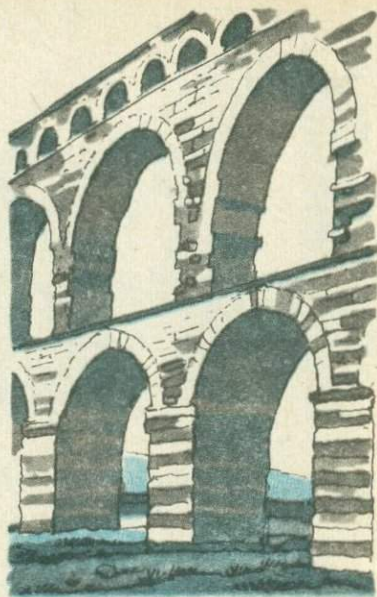
Воды из подземных источников в противоположность поверхностным чаще всего удовлетворяют этим требованиям. Это объясняется тем, что они проходят интенсивную естественную очистку во время своего движения по порам пород.

История использования подземных вод для питья берет начало на заре развития человека. В пещерах, в которых жил в палеолите человек, часто встречаются ключи—выходы на поверхность подземных вод.

В странах древней цивилизации — Вавилоне, Древнем Египте, Ассирии, Мохенджо-Даро — уже умели строить глубокие колодцы и находить грунтовые воды на караванных путях. Нестор советской гидрогеологии О. К. Ланге приводит пример искусно устроенного колодца на берегу Адриатического побережья в Энгадине, закрепленного срубом из бревен, внутри которого был помещен ящик из крупных досок. Судя по находкам бронзового оружия, это сооружение построено 2—3 тыс. лет до нашей эры.

В странах Месопотамии и Средней Азии научились перехватывать подземные воды, протекающие по водоносным слоям, с помощью специальной системы подземных галерей-кяризов. Такие кяризы имеются и сейчас в районе Ашхабада (рис. 44).

Рис. 45. Римский акведук под г. Ним (Франция)



Они являются источниками водоснабжения в Афганистане, Иране, Индии и других странах.

Достаточно обширные сведения об использовании подземных вод для снабжения водой были накоплены в древнем Риме. Римляне умели не только строить колодцы, но придавали большое значение подземным водам. Они использовали выходящие на поверхность источники подземных вод для водоснабжения городов. При этом подавали воду для снабжения города по

специальному гигантскому сооружению-акведуку. Последние выглядели особенно величественно при пересечении долин рек. Такие акведуки были и чудом античной техники, и ее ошибкой. Дело в том, что римские архитекторы не использовали естественного уклона местности, а давали уклон лотку акведука за счет изменения его высоты. Это приводило к нерациональной затрате материалов и сил для их строительства. При императоре Августе был построен акведук, подающий ключевую воду в тогдашнюю столицу Ним (рис. 45).

На территории нашей страны, на Керченском полуострове пользуется известностью колодец, построенный во времена царствования здесь греческого царя Митридата (I век н. э.).

В России уже в XI веке в Новгороде существовал водопровод, подающий ключевую воду в Кремль. В XVIII и XIX веках значительная часть сельского населения и горбдов получало питьевую воду из подземных вод. Уже в первой половине XIX века в России началась эпоха бурной проходки скважин для вскрытия артезианских вод. В это время научились проходить скважины в сотни метров глубиной. Так, в Ашхабаде в прошлом веке была пробурена скважина до глубины 670 м.

В настоящее время, по данным советского ученого Н. И. Платонова, в СССР используется примерно 6% общего количества ресурсов подземных вод.

Большинство городов нашей страны получает питьевую воду из подземных источников. Такие крупные города, как столица нашей Родины Москва, Киев, Харьков, Баку, Алма-Ата, Тамбов, Полтава, Казань, и многие другие полностью или частично получают воду из артезианских подземных вод.

Такую же картину широкого использования подземных вод для получения питьевой воды можно видеть на всех континентах. В Европе — в Париже, Лондоне, Риме, Вене и других городах; в Америке — в сотнях городов Канады, США, Бразилии, Перу и других стран; в Азии — во многих городах стран Малой Азии, Индии, Китая и др.; в Африке — в тысячах больших и малых городов и населенных пунктов в Алжире, Тунисе, Марокко, Египте и других странах, а также в десятках оазисов в Сахаре. В Австралии основное водоснабжение страны базируется на подземных водах.

Американские бизнесмены, используя трудности со снабжением крупных городов США качественной водой, стали продавать высококачественную родниковую воду, разлитую по бутылкам. Цена ее достигает 50—70 центов (около 50 копеек) за литр. Фирма «Кока-Кола» в Лос-Анджелесе в 1970 году продала родниковой воды на 20 млн. долларов. Продажа воды в бутылках по спекулятивным ценам встречается в Италии, Голландии, Франции. В ФРГ предсказывают, что стоимость вод из горных источников в 1990 году будет значительно выше, чем сегодняшняя стоимость вина. Везде человек борется за чистую подземную воду, а спекулянты готовы использовать это для своих целей.

Будущее человечества тесно связано с использованием подземных горизонтов как важнейшего источника для удовлетворения основной потребности человека в питьевой воде.

Берегитесь плохой воды

Человек ежедневно выпивает до трех литров воды. Вместе с ней вносятся в организм вещества, находящиеся в растворенном виде. Одни вещества влияют на вкус воды, другие не ощущаются, но так или иначе воздействуют на здоровье. Если в воде содержится 20—300 мг на литр хлористого натрия (поваренной соли), вода имеет солоноватый привкус. Если вода горько-соленая, значит, здесь много сульфатов (солей серной кислоты).

На одном из участков Садонского месторождения на Кавказе (в нем добываются свинец, цинк, молибден и другие металлы) из трещин в скале сочится небольшой ключ. Когда мы решили выпить из него воды, то несказанно удивились — внешне она была прекрасной: прозрачной, прохладной, но ...кислой. Оказалось, что вода протекает по жиле, в которой содержится большое количество сульфидов (солей сернистой кислоты).

Иногда воды приобретают своеобразный болотный запах. В чем здесь дело? Все очень просто: они содержат так называемые гуминовые кислоты, которые и служат причиной столь странного явления.

А вот в районах вулканов нередко источники «благоухают» из-за примеси сероводорода. Воды, богатые железом, имеют неприятный вкус и часто запах сероводорода. Если вода имеет особый приторный вкус, то это свидетельствует об отсутствии в ее составе углекислоты или присутствии органического вещества.

Очень важно определенное содержание в воде отдельных элементов. Возьмем, например, фтор. Если его мало (менее 0,5 мг на литр), то неминуемо развитие у населения кариеса зубов. А если много (более 1,0 мг на литр) — возникает флюороз. Сульфаты воздействуют на кишечно-желудочный тракт. И. Д. Седлецкий предполагал, что избыток в воде магния не только порождает ее мутность, но и может быть косвенной причиной развития некоторых видов опухолей.

Академик И. П. Павлов считал чувство отвращения к воде, обладающей запахом и вкусом, защитной реакцией организма человека. С другой стороны, воды, лишенные солей, неприятны на вкус и несомненно приносят вред человеческому организму. Сейчас есть основание полагать, что такая вода снижает содержание в организме аскорбиновой кислоты. Можно также сказать о том, что такая бессолевая вода нарушает водно-солевой обмен.

В Великобритании были проведены наблюдения над 65 пожилыми людьми, пьющими только мягкую кипяченую воду. Полученные результаты этих исследований поразительны. Было установлено, что такая вода сужает сосуды мозга, поражает сердечную мышцу, снижает массу костей. Оказывается, что вода без достаточного содержания в ней кальция, по меньшей мере в два раза, повышает вероятность возникновения заболеваний сердца. Вот как велика зависимость здоровья от воды, которую мы изо дня в день пьем.

Существует ли живая вода?

...Лежит Иван-царевич мертвый, над ним уже вороны летают. Откуда ни возмись, прибежал серый волк, схватил ворона с вороненком: «Ты лети-ка, ворон, за живой и мертвой водой. Принесешь мне живой и мертвой воды, тогда отпущу твоего вороненка». Ворон, делать нечего, полетел. Долго ли ворон летал, коротко ли, принес живой и мертвой воды. Серый волк sprыснул мертвой водой раны Иван-царевича, раны зажили, sprыснул его живой водой — Иван-царевич ожил...».

Так народная сказка повествует о живой воде. Она отражает вековую мечту людей о чудодейственной воде, залечивающей раны и даже оживляющей людей. Предания о живой воде берут начало в глубочайшей древности. Появление их не является случайным, ведь там, где вода, там возникает жизнь, расцветают цветы, вырастают растения, появляются птицы, звери и насекомые.

А. С. Пушкин в своей бессмертной поэме «Руслан и Людмила» использует народные поверья:

«...За дальней цепью диких гор.
Жилища ветров, бурь гремячих,
Куда и ведьмы смелый взор
Проникнуть в поздний час боится,
Долина чудная таится,
И в той долине два ключа:
Один течет водой *живою*,
По камням весело журча,
Тот льется *мертвою* водою...»

И далее:

«...И стал над рыцарем старик,
И вспырынул мертвою водою.
И раны засияли вмиг,
И труп чудесной красотою
Процвел; тогда водой живою
Героя старец окропил,
И бодрый, полный новых сил,
Трепеща жизнью молодою,
Встает Руслан...»

Вода всегда была для человека неповторимым чудом. Вспомним восторженные слова французского биолога Э. Дюбуа-Реймона: «Организм — это одушевленная вода».

Сказания о живой воде можно найти не только в русских поверьях, но и у индейцев Америки, в индийском эпосе, сказках разных народов. Еще в средневековье большинство людей было уверено в ее существовании. Неоднократно делались попытки обнаружить эту чудесную воду. Испанские конкистадоры, прослышав от индейских племен рассказы о существовании источника живой воды на островах, затерявшихся на границе Карибского моря и Атлантики, организовали целую экспедицию. Путешествие их, конечно, было неудачным, но полезным, так как был открыт и нанесен на карту ряд островов из архипелага Антильских.

Что касается мертвой воды, ведущей к гибели организма, то такая в природе существует. Разве рассолы, содержащие более 50 г солей в литре или высокорadioактивные, не мертвые воды?

Но вернемся к живой воде. Она все же существует. Найти ее, оказывается, нетрудно. Она содержится в нашем организме и

определяет многие физиологические процессы. Вода определяет работу мышц. Обезвоживание ведет к резкому сокращению их работоспособности. Уменьшение содержания воды в клетке является одной из основных причин старения организма. Можно и далее продолжить разговор о роли воды в организме, но я предвижу, что читатель с недоумением пожимает плечами. Действительно, при чем здесь живая вода?

Исследования структуры и состава воды, входящей в состав организма, методами ядерно-магнитного резонанса обнаружили довольно необычное явление: время релаксации (запаздывания магнитного момента) молекул воды, входящих в состав живых клеток, резко отличается от времени, присущего молекулам обычной воды. Ученые установили, что после смерти клетки это явление исчезает. Значит, все же есть живая вода, отличающаяся от обычной.

Воды, несущие здоровье

Где-то в глубине веков теряется время, когда люди впервые узнали о чудодейственных свойствах минеральных вод. Считают, что целебность многих подземных источников была известна еще людям каменного века. Собственно, первый известный в истории курорт Асклипия в Древней Греции, расположенный неподалеку от порта Эпидаврос, был создан на природных источниках минеральных вод. Прошло более 2000 лет, но до сих пор можно видеть у этих источников дощечки с диагнозом и описанием хода лечения болезней.

Что же собой представляют минеральные воды? Это такие подземные воды, которые, благодаря содержанию в них повышенных количеств тех или иных химических, часто радиоактивных органических веществ и газов, могут обладать целебными свойствами. Они очень различны. Люди уже в древности пытались классифицировать минеральные воды. Считают, что первая такая попытка была сделана еще в начале нашей эры в Риме врачом Архигеном. Сейчас мы много знаем об этих водах благодаря работам Н. И. Толстихина, А. И. Дзенс-Литовского, И. К. Зайцева, А. М. Овчинникова, А. Е. Бабинца, А. И. Огильви, В. В. Иванова, М. И. Врублевского и многих других ученых-гидрогеологов. При их оценке большая роль отводится «газовому фактору». Он устанавливается по количеству газа, выделяющегося из определенного количества воды. Чем больше этот показатель, тем более ценными являются минеральные воды, тем интенсивней их воздействие на организм человека.

Другой признак, позволяющий различать минеральные источники, — это их температура. Встречаются холодные, имеющие температуру менее 20°C, теплые — от 20° до 40°C и горячие —



Рис. 46. Минеральных вод на Земле очень много

более 40°C . В очень горячих источниках она близка к $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$. Теплые и горячие минеральные воды с успехом используются не только для ванн, но и для бассейнов и даже бань.

Еще минеральные воды различаются по их составу и особенно по содержанию газов. Соответственно выделяются азотные, сероводородные, углекислые, радиоактивные (радоновые), железистые, кремнистые воды. Большое значение также имеют микроэлементы, воздействующие на человеческий организм даже при их ничтожном содержании, такие, как бром, йод, мышьяк, литий, железо и др. Часто минеральные воды носят названия по водам широко известных источников: типа эссентуков, нарзана, фердинандки, нафтуси и т. д. (рис. 46).

В прошлые века люди не знали причин, по которым такие подземные воды могли вылечивать человеческие недуги и поэтому их называли чудодейственными, волшебными. Источники минеральных вод окружались таинственностью. Часто они превращались в объекты культа и поклонения. Большинство наиболее известных минеральных источников окружено легендами и сказаниями.

Каждый тип воды лечит определенные группы болезней. Действие растворенных веществ и в особенности газов на организм человека очень сложное и разнообразное. Опыт использования минеральных вод и исследования ученых-медиков позволили определить круг болезней, которые успешно лечатся данной минеральной водой.

Широко известно, что сероводородные воды помогают в лечении таких тяжелых заболеваний, как ревматизм, ревмокардит,

полиартрит, радикулит, экзема и др. В то же время углекислые воды лечат сердечно-сосудистые болезни, гастриты, язвы, коли-ты, гепатит и т. д. Мощным средством в руках врачей являются радиоактивные (радоновые) источники. Они эффективны при лечении сердечно-сосудистых заболеваний, болезней периферической и центральной нервной системы, гинекологических и кожных. Мощным средством для лечения почек и печени являются пресные воды, содержащие летучие органические кислоты, фенолы и эфирорастворимые вещества.

Наша страна богата лечебными водами. Первое изучение минеральных вод России и их использование для лечения больных было начато в начале XVIII века. Немалую роль в этом сыграл Петр I, приказавший исследовать источники на Кавказе и в Карелии.

Крупный советский ученый Н. И. Толстихин составил карту распространения минеральных вод в СССР. Она показывает, что минеральные воды распространены практически на большей части территории Советского Союза. Источники их имеются в Прибалтике, на Карпатах, Украине, Кавказе, в Средней Азии, на Алтае, в Сибири, на Камчатке, Сахалине, Урале, Дальнем Востоке. Там, где раньше не знали об их существовании, сейчас открываются новые источники, обнаруживаемые в ходе гидрогеологических разведочных работ.

За последние годы созданы сотни санаториев и водолечебниц, основанных на новых минеральных источниках.

Образование минеральных вод — сложный природный процесс, связанный с движением воды в порах и трещинах пород. Ученые различают три своеобразных этажа подземных вод. Первый распространяется до глубины 200—400 м, здесь преобладают маломинерализованные пресные воды. Их используют для снабжения населенных пунктов питьевой водой. Второй этаж более глубокий. Сюда поверхностные воды просачиваются крайне медленно в результате длительного и сложного пути. Это является одной из причин повышенного содержания солей. Основные лечебные воды связаны с этим средним этажом.

Еще глубже залегают сильно минерализованные воды. Долго они блуждали под землей, возможно, десятки миллионов лет. Во многих случаях они являются остатками вод древних морей.

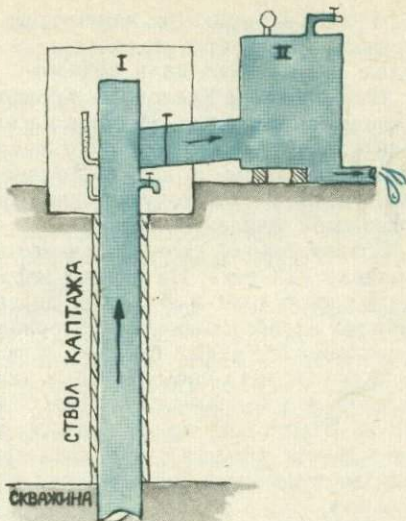
Воды верхнего этажа часто с азотом и кислородом. Зато в нижних, где большую роль играет деятельность микроорганизмов, кислород отсутствует, а вместо него распространены сероводород, метан, а также углекислоты и азот.

В одном месте можно получить с разных глубин или из разных этажей минеральные воды различного состава.

Предположим, что гидрогеологи установили местоположение горизонтов минеральных вод. С этого момента решается вторая, не менее сложная задача: как захватить их и вывести к месту потребления. При этом она должна сохранять постоян-

Рис. 47. Устройство каптажа:

I — предохранительная часть,
II — газоотделитель и амортизатор



ство своего состава, не должна смешиваться с водами других горизонтов.

Для этой цели устраиваются специальные каптажные сооружения. Слово каптаж происходит от французского слова, обозначающего захватывание. В одних случаях эти сооружения простые: колодцы, буровые скважины или штольни (сооружение типа тоннеля, отличающееся тем, что имеет один выход на поверхность земли). В более сложных случаях они представляют собой комбинации из ряда простых сооружений. Если напор подземной воды слабый или вообще отсутствует, для подъема ее на поверхность устраивается насосная установка (рис. 47).

Наземные сооружения каптажа содержат ряд предохранительных, измерительных устройств, трубопроводы, подающие воды в резервуары, бассейны, ванны, бюветы. Чтобы сохранить все это, над ними устраиваются надкаптажные сооружения — павильоны, где больные получают лечебную воду из бюветов. Из каптажа вода направляется в ванны или душевые помещения.

Правила и методы лечения минеральными водами разрабатываются в особом разделе медицины, получившем наименование бальнеология (от латинского — balneum — баня, купальня).

Богатырская вода

Скорый поезд, минуя станцию «Минутка», подходит к Кисловодскому вокзалу. Высота 820 м. Воздух чистый и кристально прозрачный. Голубой купол неба раскинулся над вокзалом, холмы покрыты зеленью.

Климат Кисловодска сам по себе живителен, но мировая слава этого курорта определилась не им, а замечательными минеральными водами.

Нарзан — несколько измененное слово «нарт-сана», что в переводе означает богатырская вода. Это название минеральным водам Кисловодска дали абхазцы.

Наименование Кисловодск произошло от слова ачесу, обозначающего кислая вода. Местное население — кабардинские охотники и пастухи — знали давно о живительных свойствах нарзана. Первые сведения о них в России были получены в начале XVIII века. В 1787 году источник был обследован экспедицией Российской Академии наук.

Возникновение здесь бальнеологического курорта относится к началу XIX века. На первых порах богатые люди нарзанные ванны принимали в больших деревянных бочках или в яме, вырытой около источника и огороженной плетнем. Для подогревания нарзана в яму бросали раскаленные ядра.

В начале века побывал здесь академик П. Паллас, который был поражен бьющим из-под земли могучим источником. Он написал: «Легко себе представить, какой объем воды должна доставлять эта могучая струя, если принять во внимание, что она поднимает человека, купающегося в ней, и не дает ему опуститься вниз».

Сейчас Кисловодск — первоклассный бальнеологический курорт мирового значения.

Наиболее мощным источником нарзана является так называемый Старый Нарзан, дающий в сутки свыше миллиона литров воды. Этот источник имеет температуру 13,4°C. По составу это углекислые гидрокарбонатно-кальциевые воды (т. е. содержащие HCO_3^- Ca^{2+}). Содержание минеральных солей сравнительно небольшое (до 3 г на литр). П. Паллас писал: «Зачерпнутая вода выделяет из себя с шипением, подобно лучшему шампанскому, большое количество маленьких воздушных пузырьков». В настоящее время для повышения газоотделения нарзан газифицируется дополнительно углекислым газом.

В 1928 году началась эксплуатация доломитового нарзана, он содержит больше солей (ионов натрия, хлора, гидрокарбоната).

В 1934 году забил новый источник, названный за высокое содержание в его воде сульфатного иона «сульфатным нарзаном». Широкая известность курорта привела к его значительному расширению. Потребность в нарзане растет с каждым годом. Даже имеющиеся мощные источники оказываются недостаточными.

Сейчас решается вопрос об использовании источников, бьющих в Долине нарзанов, расположенной в 30 км от Кисловодска. Это позволяет обеспечить курорт необходимым количеством минеральной воды, столь ценной для лечения многих тысяч больных.

Но не только Кисловодск привлекает к этому району потоки людей. Другой жемчужиной является Пятигорск, где имеется

около 40 источников различных минеральных вод. Из них эксплуатируется почти 30, дающих более 2,5 млн. л целебной воды в сутки.

Воды поднимаются из глубокой трещины на южном берегу горы Машук. Здесь имеются и горячие сульфатные воды (Лермонтовский источник), горячие углекислые, соляно-щелочные (типа Арзни), сложного минерального состава (типа эссенуки), радиоактивные азотистые (типа Цхалтубо) и др.

Целыми днями у новых каптажных сооружений с современными павильонами, возведенных у цветника, толпятся сотни больных, пьющих лечебные воды.

Еще один лечебный центр минеральных вод — Эссенуки. У павильона источника № 4 высится скульптура русского крестьянина. В его руке зажат стакан, рядом стоит кувшин. Это он во время выпаса лошадей обратил внимание, что они идут на водопой не к реке, а проложили тропу к роднику, у основания которого образовалось болотце.

Сейчас здесь действуют более 25 различных источников: соляно-щелочных, серно-щелочных, углекислых. Они дают в сутки до 1000 л лечебных вод. Среди источников особой известностью пользуется источник № 17, содержащий гидрокарбонат, хлор, натрий, йод, бром, стронций, литий и др.

В Эссенуках с успехом лечат различные болезни органов пищеварения и нарушения обмена веществ. Сколько больных побывало в просторном, облицованном кафелем зале, где многие десятилетия течет чудодейственная вода источника № 17!

Мы снова в электричке, которая карабкается по склону горы Железной. Это еще один изумруд в ожерелье минеральных вод. Здесь в начале века Ф. А. Гааз открыл удивительный и единственный в Европе источник железистой воды, имеющей температуру 34°C. В дальнейшем были открыты десятки источников. Детальные исследования минеральных вод этого района связаны с именем Н. Н. Славянова. Пользуются особой известностью мощные горячие источники Славянский, Смирновский.

По составу воды Железноводска сложные углекислые, гидрокарбонатно-кальциевые. Среди них есть и холодные (температура 10—20°C), теплые и горячие, температура которых достигает 51—55°C. Они часто содержат небольшие количества радия, который повышает лечебную эффективность минеральных вод.

Этот чудесный уголок нашей Родины является одним из крупнейших центров бальнеологического лечения. Необычайно разнообразный набор минеральных вод делает его одним из лучших курортов мира.

Каждый год здесь строятся новые здравницы, вскрываются новые горизонты минеральных вод, увеличивается выпуск воды в бутылках. Партия и правительство уделяют большое внимание развитию этого крупнейшего центра оздоровления трудящихся.

Еще многие другие

Минеральные воды встречаются на обширных пространствах Советского Союза повсеместно. Многие из них пользуются мировой славой.

Солнечная Украина. Ее недра таят большие запасы самых разнообразных лечебных вод. Практически здесь присутствуют все основные типы минеральных вод.

Кто из читателей не знает знаменитые бальнеологические курорты Моршин и Трускавец (рис. 48). Особой известностью пользуется знаменитая «Нафтуса» — изумительное средство для лечения почечно-каменной болезни, печени и желчных путей. Вода получила наименование от украинского слова «нафта» (нефть) за специфический запах и привкус. Это почти пресная слаборадиоактивная вода, обогащенная сернистыми углеводородами и жирными кислотами нефтяного происхождения. Следует сказать, что в Трускавце кроме «Нафтуси» имеются и другие источники, носящие название «Мария», «София», «Бронислава», «Барбара», «Эмма» и др. Это все сероводородные или хлоридно-натриевые воды, позволяющие лечить желудочно-кишечные заболевания и заболевания верхних дыхательных путей. История этого курорта уходит в далекие времена средневековья, когда целебными водами пользовались местные жители. Первая лечебница была создана еще в 1827 году.

Моршин — другой курорт, расположенный в Львовской области (рис. 49). Его минеральные воды были случайно открыты в 1838 году, когда здесь были обнаружены залежи соли.

Однако питьевое лечение здесь началось лишь в начале XX века. Моршин известен своими высокоминерализованными водами «Бонифаций» и «Магдалина», а также маломинерализованными «Людмила» и «Моршанка». На этом курорте прекрасно излечивают язвенную болезнь, гастрит, колит, заболевания печени и др.

На широком пространстве Центральной Украины встречаются радоновые воды, которые связаны с гранитами, гранодиоритами и другими породами, слагающими Украинский кристаллический щит. На базе этих вод организовано водолечение в г. Хмельницке, в районе Мироновки (Киевская область), г. Житомире и других местах.

Сероводородные воды широко распространены в западных областях УССР. Курорт «Шкло», имеющий мощный источник сероводородной воды, по существу является самым старым бальнеологическим курортом России. Первая водолечебница была организована еще в 1616 году.

На Украине имеются источники углекислых минеральных вод типа нарзана. В жаркий день в Ужгороде вы можете напиться нарзана из бювета, расположенного в самом центре города,



Рис. 48. Трускавец. Бювет минеральных вод

около университета. Заметим, что Закарпатье весьма богато минеральными водами. Здесь известно более 400 источников, на базе которых круглый год работает 21 санаторий.

Встречаются также источники с водой боржомского, джультинского и эссентукского типов. Богата Украина источниками лечебных вод. С каждым годом ширится их использование для лечения трудящихся.

Перенесемся на север. Здесь возле Петрозаводска был найден во времена Петра I источник железистых минеральных вод. Сам Петр I неоднократно приезжал на этот источник лечиться. Сейчас в районе Ленинграда имеется крупный источник железистых минеральных вод — Полюстровский. Здесь есть и радиоактивные воды в районе Сестрорецка, на базе которых еще в XIX веке был создан бальнеологический курорт.

Широкой известностью в СССР пользуются минеральные воды в Боржоми (Грузия), Арасане (Киргизия), Дарасуне (Восточная Сибирь), Мааканске (Камчатка) и др.

Сероводородные воды Мацесты превратили Сочи в крупнейший бальнеологический курорт. Пользуются успехом минеральные воды этого типа — сергиевские (г. Куйбышев), талги (Дагестан), ейские, Горячий ключ, Усть-Качка (Приуралье), Кемери (Латвия), Менджи (Грузия) и др. Из радиоактивных источников особенно известны Цхалтубо, Белокуриха (Алтайский край), Махинджаури (Аджария) и др., хлоридно-натриевые: Друскеникай (Литва), Старая Русса.

В настоящее время появилось много бутылочной минеральной воды: «Московская», «Киевская», «Ташкентская», «Харьковская», «Горьковская» и др. Это результаты поисков гидрогеологов и последующего устройства буровых скважин. В целом ряде районов СССР, где ранее не было известно о мине-



Рис. 49. Моршин. Бювет минеральных вод

ральных водах, сейчас обнаружены лечебные воды, на базе которых создаются новые курорты.

Примером может служить Крым. Всем известно, что это один из лучших климатических и морских курортов нашей страны. За последние десятилетия он постепенно превращается также в крупный центр бальнеологического лечения. Здесь открыто свыше 100 минеральных источников.

Неподалеку от грязевого курорта Саки из артезианской скважины мощностью 2500 м³ в сутки бьет источник лечебной воды. По составу она соляно-щелочная, слаборадиоактивная. В ее составе йод и бром. Температура извергающейся воды до 39°C. Эта вода не уступает минеральным водам Пятигорска и Эссентуков.

В районе Феодосии к двум давно известным водам — «Крымский нарзан» и «Феодосия» — прибавились новые горячие сероводородные источники.

В 50-х годах около Симферополя обнаружен крупный источник лечебной воды, близкой по типу к «Эссентукам № 17». На южном берегу Крыма сооружен каптаж минерального источника на территории санатория «Мелас». Мы не будем продолжать далее, ясно одно, что Крым постепенно будет приобретать значение бальнеологического курорта.

Все больше новых источников минеральных вод появляется на карте нашей Родины. В последнее время появились «Ярославская», «Горьковская» и ряд других лечебных вод.

Советский Союз занимает первое место в мире по количеству выпускаемой бутылочной минеральной воды и числу людей, получающих бальнеологическое лечение.

Чудесные источники Чехословакии

Богато одарила природа минеральными подземными водами Чехословакию. Сейчас в этой стране более 50 городов-курортов и известно множество лечебных источников. Их количество превосходит 950. Со всего мира сюда едут больные в поисках избавления от своих недугов. Тысячи людей возвращаются с бальнеологических курортов Чехословакии оздоровленными, а иногда и полностью излеченными.

Королем курортов этой страны, без сомнения, являются Карловы Вары (по-чешски *vari* — источник), хорошо известный у нас. До 1945 года его целебные источники были доступны только богачам. Однако с 1945 года Карловы Вары, как и другие курорты ЧССР, широко раскрыли свои двери для трудящихся.

Что представляют собой минеральные источники Карловых Вар? Несколько десятков миллионов лет назад гранитный массив под давлением земной коры треснул. Из образовавшейся трещины вырвалась лава, и началось длительное вулканическое извержение. Постепенно вулкан стал затихать и, наконец, прекратил свою деятельность. Как отзвук давно ушедших в геологическую историю бурных времен осталось более 75 источников, вырывающихся на поверхность из трещин в граните.

Минеральные воды богаты различными солями калия, магния, кальция и многими другими элементами. Воды часто фонтанируют. Их особенностью является сравнительно высокая температура (до 75°С). Люди давно знали о целебной силе карловских вод, хотя официальной датой основания курорта считается 1359 год.

Основным источником во всей группе является знаменитый «Вржидло». Его выход представляет собой величественную картину. Мощная струя, вырывающаяся из трещины на высоту 12 м, в минуту выбрасывает 2000 л прекрасной минеральной воды. Температура ее около 70°С. Еще в прошлом столетии над источником была возведена монументальная колоннада.

По химическому составу карловарские воды гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридно-натриевые. Они помогают лечить болезни органов пищеварения, печени, диабет, подагру и др. Из этих минеральных источников добывается знаменитая карлсбадская соль, которую вывозят за пределы ЧССР. Ее можно встретить и в наших аптеках.

А вот другой курорт — Марианские Лазни (в переводе курорт им. Марии) — известен не менее 400 лет. Здесь также из трещин вырывается более 40 минеральных источников. Воды пьют и принимают на их базе ванны. Лечат здесь внутренние, нервные и кожные заболевания. Отсюда во многие страны мира

экспортируются минеральные воды «Фердинандка», «Рудольфка», «Амброжка», по заслугам получившие мировое признание.

Трудно перечислить замечательные чехословацкие бальнеологические курорты. Здесь и Франтишковы Лазни, где бьют 24 источника минеральных вод, которые лечат гинекологические и сердечно-сосудистые болезни. Широко известен курорт Пнештяны, где каждую минуту минеральные термальные источники, имеющие температуру 68°C , выбрасывают 2400 л чудесной воды, успешно излечивающей ревматизм, подагру, ишиас.

Интересен курорт Сливач. Его минеральные воды долго считались «смертоносными»? Всегда у них находили мертвых животных и птиц, которые погибали из-за большого количества углекислоты, переходящей из воды в воздух. Например, Купельный источник дает в секунду 6 л воды и 8 л газа при температуре 44°C . Сейчас эти воды лечат атеросклероз, гипертонию, ишемию — болезни XX века.

В этой стране много и других прекрасных курортов с ценными источниками минеральных вод, поставленными на службу трудовому народу ЧССР.

В Болгарии

Прекрасная София — столица солнечной Болгарии. Она не случайно возникла еще в V веке до н. э. именно здесь, на месте скрещения путей движения народов. В свое время тут жили и фракийцы, давшие ей первое название — Сердика. Через этот город проходили пути Филиппа Македонского и его сына Александра. В годы владычества Рима Сердика была одним из самых блестящих городов империи. Позднее здесь пронеслись, все сокрушая, гунны. Потом византийское владычество и, наконец, славяне. А далее то турки, то печенеги, то мадьяры, то крестоносцы — пестрые толпы народов. Наконец, София, освобожденная от турецкого ига русскими войсками в 1878 году, становится окончательно болгарским городом.

Почему именно в этом месте с такой охотой селились люди? Среди ряда причин важное место занимают многочисленные минеральные источники, выходящие на поверхность земли на территории города.

На площади Бенеш высится здание Центральных минеральных бань. Источник бьет из трещины непосредственно около здания. От него отведен небольшой фонтанчик, из которого прохожие пьют приятную на вкус воду. Ее температура достигает 47°C . Софийские жители уже сотни лет используют эту воду для лечения ревматизма, заболеваний желудка, нервной системы, кровеносных сосудов.

Можно видеть как человек, решивший на скорую руку позавтракать, набирает воду из фонтанчика и запивает ею булоч-

ку или пирожок, купленный в ближайшем киоске. Софийские жители шутливо говорят, что этот источник — «пензионерский чай».

Минеральных бань в городе несколько. Это Горна баня, Княжевска баня, Овча Купел, Банкя и др. И все они на целебных минеральных водах, приносящих пользу людям. Температура вод от 30 до 48°С.

Если вы войдете во двор центрального отеля «Балкан», то увидите вскрытые из-под многовековых наносов римские термы — баню, построенную еще во времена римского императора Трояна.

Болгария необычайно богата минеральными источниками. Их насчитывается несколько сотен. Эти источники крайне разнообразны — щелочные, сернистые, бромные, йодные, железистые, радиоактивные. Одни из них холодные, другие горячие. Наиболее значительную температуру имеет ключ, выходящий у с. Сеперева Баня. Она достигает ни много, ни мало — 102°С.

Народное правительство Болгарии организовало на базе минеральных источников широкую сеть курортов. Среди них пользуются известностью Выршевец, Хисаря, Момина Баня, Горна Баня, Наречен и многие другие. Тысячи граждан страны и больные из-за рубежа ежегодно летят и проводят свой отпуск на этих курортах.

Некоторые минеральные воды Болгарии известны еще со времен Римской империи. Например, хисорская вода, излечивающая тяжелые почечные недуги и болезни печени.

Зайдем в любое кафе или в ресторан. На полках стоят бутылки с болгарской минеральной водой. Здесь вы найдете и михалковскую углекислую воду, напоминающую нам нарзан, и радиоактивную нареченскую, и меричлерскую, по химическому составу весьма близкую карловарской, и брезнийскую — прекрасное средство для укрепления организма, содержащую в своем составе много железа, и другие минеральные воды, пользующиеся успехом у здоровых и больных, у пожилых и молодых.

Я вспоминаю свою поездку в Болгарию. Когда гостеприимные хозяева привезли меня в г. Сливен — один из центров освободительной борьбы народа — то первое, с чем я познакомился, был местный курорт, основанный на источнике минеральной воды. Автобус из города за 20 минут доставляет больных к красивому зданию, утопающему в зелени. Здесь прибывших встречает медицинский персонал, внимательно изучает больного, а затем направляет на минеральные ванны и дает указание о количестве, времени приема и температуре воды. Тут же расположены процедурные кабинеты. Трудящиеся города могут без отрыва от работы получать бальнеологическое лечение.

Поистине Народная Республика Болгария — страна минеральных вод.

Минеральные воды Земли

Эти чудодейственные воды, облегчающие страдания людей, имеются на всех континентах. Наиболее изучены и освоены они в Европе и Северной Америке.

Богата бальнеологическими курортами Румыния. В настоящее время в этой стране их насчитывается более 172. Среди источников много теплых и горячих хлористо-натриевых, сернистых, йодистых, мышьяковистых. Среди них курорт Бэйле-Геркулане, имеющий восемь теплых и горячих серных и радиоактивных источников (температура до 55°C), известен более 2000 лет. Римляне на этом месте воздвигли Геркулесовы термы еще в I веке до н. э.

Известностью пользуются и многие другие бальнеологические курорты Румынии: Кэлименешть, Совата, Слэникул, Молдовой и т. д., имеющие разнообразные минеральные воды.

Всемирной известностью пользуются минеральные воды Баден-Бадена. Здесь в горах Шварцвальда выходят на поверхность горячие соляно-щелочные источники, привлекающие круглый год тысячи больных.

Часто Баден-Баден путают с двумя другими бальнеологическими курортами, также пользующимися известностью. Первый — это Баден, расположенный в Австралии, а второй — Баден в Северной Швейцарии. Оба этих европейских курорта имеют источники теплых серных минеральных вод.

Не меньшей известностью пользуется Висбаден с многочисленными горячими источниками. Их температура достигает 50° С.

Своими минеральными водами славится Югославия. Здесь особенно известен курорт Баня-Лука с теплыми сернистыми источниками и Враждинские-Топлице, где из-под земли бьют радиоактивные и серные минеральные воды. Много источников во Франции в пределах центрального массива (Виши, Биарриц и др.).

Минеральные воды имеются почти во всех странах Европы: Англии, Бельгии, Италии, Венгрии, Польше, ГДР и др.

Чрезвычайно богата минеральными водами Азия. Однако здесь они слабо изучены. Историческое развитие стран этого континента было таким, что формирования крупных бальнеологических курортов в общем не произошло. Не считая азиатской территории Советского Союза, пожалуй, наиболее известны курорты Японии: Атамин, Беппу и др. Особо развиты здесь серные горячие минеральные источники.

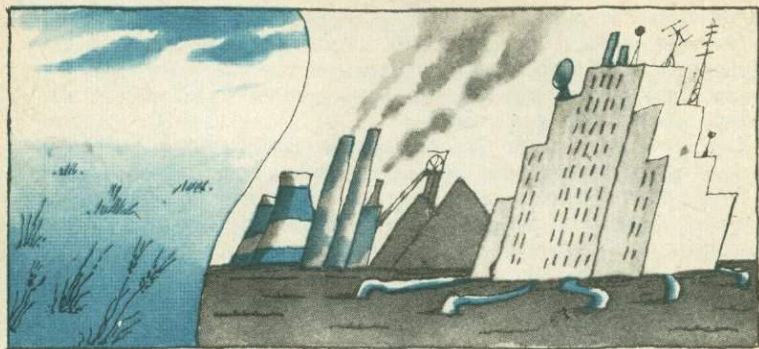
Совсем незначительно изучены минеральные воды Африки. Наиболее известны курорты в Северной Африке (например, горячие источники Гафса Тунис). Имеются многочисленные мощные минеральные источники в Эфиопии, Кении и по разлому

земной коры («дрифт») в районах озера Танганьика и Ньяса. Эти источники часто используются местным населением для лечебных целей, но несомненно, что дальнейшее развитие молодых независимых государств Африки приведет к созданию сети курортов для лечения населения.

Хорошо исследованы минеральные воды Северной Америки, где имеется широкая сеть бальнеологических курортов.

В общем человечество еще далеко недостаточно использует возможности для излечения многих болезней путем применения подземных минеральных вод. Особенно это относится к слабо развитым странам.

Бальнеологические курорты капиталистических стран Западной Европы и Северной Америки заполняются богатыми людьми, а доступ на них простому человеку закрыт. Только в социалистических странах минеральные воды поставлены на службу оздоровления трудящихся.



ХЛЕБ, РИС, ОВОЩИ И ВОДЫ ПОД ЗЕМЛЕЙ

Земля жаждет

Задумывались ли вы когда-нибудь, как много воды требуется, чтобы вырастить, например, овощи.

В огурцах содержится до 95% воды, в картофеле — 80%, а в арбузе даже 96%. Поэтому, чтобы вырастить овощи, фрукты и зерновые, требуется много воды, которую они получают из почвы.

Для производства 1 кг сухого зерна (пшеницы, ржи) необходимо от 730 до 760 кг воды. Один гектар капусты требует около 7500—8000 т воды в течение сезона, а кукурузы — 3200 т.

Вот поэтому в почвах должно быть достаточно воды, чтобы вырастить насущно необходимые для человечества растительные продукты.

Еще больше воды потребует животноводческое хозяйство. Небольшое стадо коров в 50 голов расходует ежедневно до 6000 л воды.

Весной 1975 г. население планеты Земля перешагнуло крупную цифру 4 млрд. Стремительный рост населения земного шара выдвигает перед людьми задачу непрерывного роста производства продовольствия. Одним из препятствий в развитии земледелия является нарушение благоприятного для сельскохозяйственных культур влажностного режима почв. В одних случаях грунтовые воды стоят высоко, атмосферных осадков много, а испарение малое, в результате почвы переувлажнены,

а нередко и заболочены. В этих районах, без сомнения, количество поступающей в почву воды превосходит испарение. Специалисты тогда говорят об избыточном увлажнении. Географически зона с такими почвами располагается севернее 58—60 параллели (севернее городов Рига, Калинин, Иваново).

В иных случаях грунтовые воды залегают глубоко, а количество атмосферных осадков малó. В подобных районах почвы недостаточно увлажнены. Влага не хватает для роста растений. Эта зона «недостаточного увлажнения» располагается южнее 48—50 параллели (южнее городов Полтава, Саратов, Чкалов).

Большая часть степной территории СССР с наиболее плодородными почвами имеет недостаточное увлажнение. Примером может служить Украина. В этой цветущей республике более 1/3 сельскохозяйственных угодий требует орошения. Каждые 3—4 года выпадают засушливые годы, во время которых урожай резко сокращается.

Какой же выход из этого положения?

Как видно, необходимо организовать регулирование содержания влаги в почвах. Достигается это в районах с недостаточным увлажнением путем орошения, а там, где влаги много, — комбинированного осушения и орошения. Все мероприятия, повышающие плодородие почв, получили название мелиорации. В настоящее время на Земле мелиоративные территории занимают только 15% пахотной земли, но это оказывается достаточным, чтобы кормить более половины населения планеты.

В Советском Союзе в соответствии с решениями партии и правительства проводятся широкие мероприятия по расширению мелиорируемых земель. Создаются такие гигантские оросительные системы, как Каховская (УССР), которая должна оросить 1 260 тыс. га, Поволжская (500 тыс. га), Каршинская (900 тыс. га), и многие другие (рис. 50).

Согласно решениям XXV съезда КПСС, в десятой пятилетке предусматривается оросить и осушить весьма значительные территории. За все прошлое время на Украине и в Молдавии (до 1 сентября 1975 г.) было орошено 1 639 тыс. га, а в течение одной только десятой пятилетки должно прибавиться 745 тыс. га новых мелиорированных земель. В Средней Азии, где за всю историю была создана ирригация (орошение) на площади 6950 тыс. га (до сентября 1975 г.), за десятую пятилетку будет добавлено 1112 тыс. га. В Поволжье до 1875 г. было орошено 346 тыс. га, а в новой пятилетке будут созданы мелиоративные системы на площади 847 тыс. га.

Особое внимание уделяется Нечерноземью. Здесь на 1 ноября 1975 г. было осушено 2260 тыс. га, а в десятой пятилетке намечено дополнительно провести осушение на площади 1781 тыс. га. В Прибалтике, Белоруссии и Западной Украине за всю историю (до 1 ноября 1975 г.) осушено 750 тыс. га, а за одну десятую пятилетку намечено осушить 2422 тыс. га.

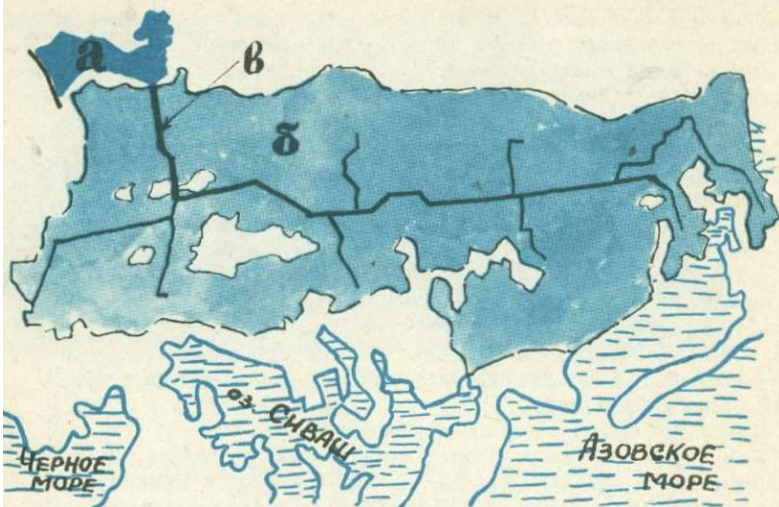


Рис. 50. Грандиозная Каховская оросительная система:

а — Каховское море, б — территория орошения — 1 млн. га, в — главный Каховский канал длиной 130 км

Чтобы подать воду к высохшим землям, создаются уникальные каналы, такие, как Каракумский протяженностью 1400 км, Иртыш—Караганда — 450 км, Северо-Крымский — 405 км, Днепр — Донбасс — 262 км, Волго-Урал и многие другие.

Приходится исправлять несправедливость природного распределения воды. Много воды на севере и мало на юге. Поэтому решено ряд северных рек повернуть вспять. Для этого предполагается переброска части стока северных рек Печоры и Вычегды в реку Каму (до 40 км³ воды в год), Иртыша, Тобола, Оби в бассейн Аральского моря (до 35 км³ воды) (рис. 51).

Вот таковы грандиозные планы, намеченные XXV съездом КПСС. В решениях съезда с особой силой подчеркивается необходимость строгого осуществления намеченной партией программы мелиорации земель. Советский Союз в настоящее время занимает третье место в мире по площади орошаемых земель (15 млн. га). Первое место прочно удерживает Индия, имеющая 39 млн. га, а на втором месте стоят США, обладающие площадью орошения в 21,5 млн. га, четвертое место принадлежит Индонезии с площадью орошения 6,8 млн. га.

Мелиоративное строительство теснейшим образом связано с гидрогеологическими особенностями орошаемых и осушаемых территорий. Львиная доля работы падает на плечи гидрогеологов. Они должны рассчитать, сколько воды на пути к полям потеряют каналы за счет ее инфильтрации в горные породы,

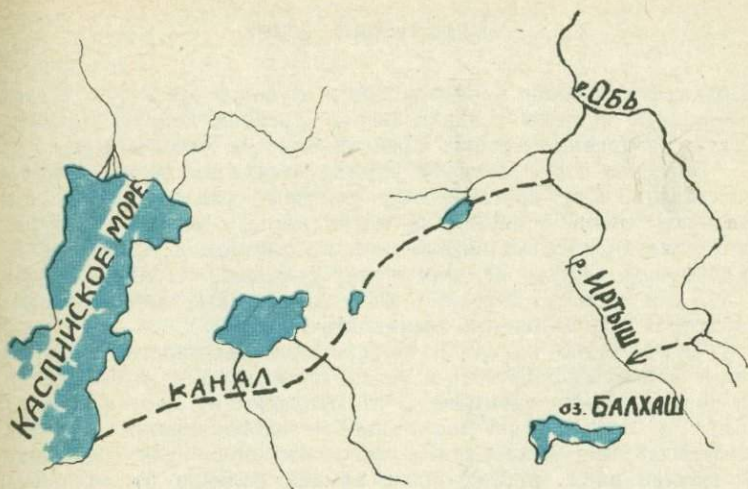


Рис. 51: Так собираются забрать воду у Иртыша и Оби и направить часть ее в Среднюю Азию

слагающие стенки и дно. Такие потери могут составить 50—60%, поэтому крайне важно знать их величину. Ведь чем они больше, тем больше воды должно поступать в канал, чтобы обеспечить для полива необходимые количества. А от этого зависят размеры каналов и потребность в воде. Другая задача гидрогеологов — это изучение подземных вод орошаемой территории. Они должны установить, какая система водоупоров имеется в массиве, сколько водоносных горизонтов, уровень грунтовых вод и их химический состав. Сложной задачей, решаемой гидрогеологами, является изучение изменения уровня грунтовых вод по временам года.

Если не знать всего этого, могут возникнуть серьезные неприятности, ведь поливные воды, подаваемые на поля в больших количествах, начнут взаимодействовать с подземными водами. Это легко понять, если учесть, что в среднем на орошение одного гектара посева в течение года подается от 11 до 15 тыс. м³ воды. При чрезмерном поливе в грунтовые воды начинает поступать много дополнительной поливной воды. В результате изменяется их режим. Предусмотреть последствия крайне важно.

Особой заботой является выяснение путей отвода использованных при поливе вод или вод, оказавшихся излишними. Необходимо искать лучшие трассы для устройства дренажей и помогать гидротехникам в их расчетах. Много других задач приходится решать гидрогеологу. Отсюда следует вывод — без гидрогеологии создание мелиоративных систем невозможно.

Печальный опыт

Создание орошения началось еще в глубокой древности. Ирригационные системы воздвигались в Древнем Египте, Древнем Китае, в древних странах Средней Азии, в Месопотамии.

Болеслав Прус в своем романе «Фараон» писал: «Чтобы сохранить воду круглый год, египтяне создали целую сеть каналов длиной в несколько тысяч миль, а чтобы предотвратить наводнение, воздвигали мощные плотины и строили водохранилища. Одно из них — искусственное Меридово озеро (XIX век до н. э.) занимало площадь в триста квадратных километров при глубине в двенадцать ярусов...»

Человечество накопило за прошлые десятилетия богатый опыт подобных работ. Но были не только успехи, но и неудачи и разочарования. Оказалось, что орошение во многих случаях ведет к подтоплению территорий и заболачиванию. Другой страшный бич мелиорации — засоление почв. Там, где были цветущие нивы, иногда после начала поливов неорошаемых участков начинает расти содержание солей в почвах (главным образом, хлористого натрия, сульфатов и карбонатов). Через 5—10 лет на этом месте образуется пустыня, покрытая солонцами, на которой ничего не растет.

Получается, что природа как бы мстит человеку за те временные успехи, которых он достигает в результате орошения.

Многие ученые занимались этой загадкой. В конце концов удалось ее разгадать.

Итак, почему происходит заболачивание и подтопление территорий? Почему в одних случаях, этот процесс развивается в течение нескольких лет эксплуатации оросительной системы, а в других он не возникает даже в течение многих лет?

Разгадка оказалась простой. Все определяется особым геологическим строением участков. В большинстве случаев заболачивание и подтопление возникают тогда, когда на сравнительно небольшой глубине встречаются породы, обладающие малой водопроницаемостью. В этом случае поливные воды и воды из каналов, инфильтруясь внутрь, постепенно накапливаются. Если здесь до этого не было горизонта грунтовой воды, то он образуется. По мере поступления новых партий воды ее уровень неуклонно растет, достигая даже поверхности земли. Примером могут служить орошаемые массивы Волго-Дона, где подъем уровня грунтовых вод за четыре первых года полива составил от 0,5 до 5 м. В результате первого этапа орошения территорий Северного Крыма резко изменился характер грунтовых вод. Там, где их не было, они появились, а где были — резко поднялся их уровень.

Борьба с утечкой воды из каналов ведется путем создания экрана из полиэтиленовых пленок толщиной 0,2—0,4 мм, уплот-

нением, трамбованием, устройством бетонных покрытий и т. д. Это благоприятно сказывается на снижении утечек воды до минимума.

Хуже обстоит дело с засолением почв. Оно вызывается многими причинами: присутствием солей в поливных водах, переносом солей, содержащихся в почвах, выносом солей капиллярным током воды к поверхности и др.

Если уровень подземных вод стоит достаточно высоко, то грунтовые воды и содержащиеся в них соли поднимаются по капиллярам на поверхность. Здесь вода испаряется, а выпадающие из нее соли остаются в почве. Все новые порции капиллярной воды поднимаются вверх, оставляя свои следы.

Этот процесс может идти в обратном направлении, если в почву поступает вода с поверхности из каналов, водохранилищ или поливных участков. Тогда имеющиеся в почве соли растворяются и переносятся в глубину пород. В качестве примера влияния орошения можно привести Северный Крым, где минерализация грунтовых вод до орошения составляла 1—10 мг/л, а после орошения в течение ряда лет поднялась до 30 мг/л. Это привело к повышению засоленности почв на участках, грунтовые воды залегают высоко. В Голодной степи большинство земель в результате орошения в той или иной степени засолено — это значительно снижает урожай сельскохозяйственных культур.

Советский ученый Л. И. Прасолов подсчитал, что площадь засоленных земель в СССР достигает 50 млн. га. Больше всего от естественных процессов засоления страдают почвы пустынь и полупустынь. Правда, среди этих масс засоленной земли только 2% вызваны мелиорацией.

Наиболее простой путь борьбы с засолением орошаемых территорий — это правильный выбор поливных норм. Воды на участки должно подаваться столько, сколько требует данная культура. Другой путь — это устройство дренажа, который помогает понизить уровень грунтовых вод как природный, так и возникающий после эксплуатации оросительных систем до величины, исключающей капиллярный привнос солей в почвы.

Можно бороться с естественным и искусственным засолением почв путем их промывки пресными водами для удаления солей. Люди должны помнить, что когда мы что-нибудь получаем от природы, всегда нужно быть готовым к различным изменениям в ней. Часто эти изменения бывают неблагоприятными.

Примером может служить Каракумский канал, позволивший оросить обширные территории Туркмении. Но вместе с тем его воды подтопили г. Ашхабад, ухудшив этим сейсмическую устойчивость города.

Поворот сибирских рек на юг, несомненно, благоприятно отразится на климате и условиях мелиорации Средней Азии, спасет Аральское море от высыхания.

Можно ли орошать подземными водами?

А почему нельзя? Даже более того — нужно. Представьте себе, что в Узбекистане площадь, пригодная для орошения, составляет около 11 млн. га, а речная вода может обеспечить орошение только 4,5 млн. га. Чтобы освоить еще 6,5 млн. га, необходима добавочная вода. Откуда ее взять? В первую очередь из подземных океанов и морей.

В Северной Америке более четверти всех поливных территорий орошается подземными водами. Здесь 20% общей массы воды, затрачиваемой на орошение, поступает из подземных источников. В Индии они обеспечивают ирригацию более 5 млн. га. Грунтовые воды в СССР пока мало используются для орошения. Главными потребителями грунтовых вод являются некоторые совхозы Украины, Средней Азии, Северного Кавказа. Этого, конечно, недостаточно. Специалист в этой области А. Г. Владимиров считает, что подземные воды для полей орошения нужно шире использовать в Голодной степи, в верховьях Амударьи, Азербайджане и в других районах. При откачке воды для орошения, с одной стороны, мы получаем необходимую для полива воду, а с другой — понижаем уровень грунтовых вод. Последнее позволяет уменьшать опасность засоления почв.

Использование грунтовых вод для орошения в районах новых водохранилищ, где их уровень быстро повышается, было бы очень полезным. Еще одно преимущество подземных вод — они не содержат мути и семян сорных растений, зато часто обогащены минеральными веществами, которые могут служить удобрением для почв.

Наконец, может быть значительно упрощено строительство самих оросительных систем за счет уменьшения или даже полного исключения из системы: магистральных каналов, насосных установок и других атрибутов современной мелиорации. Однако применение грунтовых вод должно быть осторожным, чтобы избежать их быстрого истощения. Оно возникает тогда, когда отбираемое для орошения количество воды будет превосходить естественное пополнение подземных горизонтов. Здесь слово за специалистами по мелиоративной гидрогеологии.

Подземные воды используются для орошения во многих странах мира.

Затопленная земля

Обширные территории нашей страны заняты болотами или имеют грунтовые воды, поднявшиеся близко к поверхности земли. А тут еще малое испарение, обилие снега, дождей —

вот вам и пересыщенная водой затопленная земля на суше. А ведь эти затопленные земли часто плодородны, на них можно выращивать рожь, овес, разнообразные овощи. Как сделать эти земли пригодными для сельского хозяйства?

Первое, что приходит на ум, это понизить уровень грунтовых вод и этим осушить почвы. Решение правильное. Осушение является старейшим методом превращения переувлажненных почв в пригодные для сельскохозяйственного использования земли.

Ликвидация болот может дать возможность использовать имеющийся на них слой торфа для сельскохозяйственных целей и отопления. Так называемые низинные болота, существование которых в первую очередь связано с высоким стоянием грунтовых вод, после осушения могут использоваться под различные сельскохозяйственные культуры: овощные, технические, а также для посева различных трав и т. д.

В Нечерноземье более 19% всех земель требует осушения. Партия и правительство приняли решение до 1990 года провести осушительные работы на значительной площади.

Как же осуществляется осушение? Наиболее старой является система открытого дренажа. Это сеть открытых канав и каналов, перехватывающих как грунтовые, так и поверхностные воды и отводящих их сначала в центральный — магистральный канал, а затем в реку, озеро или какое-либо понижение местности. Но такие открытые системы требуют постоянного ухода и ремонта, а срок их службы не превышает 10 лет.

Более современным и совершенным является так называемый закрытый дренаж. Он отличается тем, что в вскрываемых траншеях на дне укладывают специальные асбоцементные, гончарные или даже деревянные трубы небольшого диаметра. Глубина укладки их для обеспечения достаточного снижения уровня грунтовых вод колеблется в пределах 0,8—1,5 м. Система таких дренажных труб соединяется с центральной большего диаметра — коллектором, по которому вода и отводится в ближайшую реку, ручей, озеро.

Преимущество этой системы дренажа очевидно — более длинный срок работы (до 50 лет и более), вся поверхность земли используется для посевов.

Кажется, что проблема решена. Но это не совсем так. В природе бывает так, что и в Прибалтике, и в районах Нечерноземья время от времени выпадают засушливые месяцы и даже годы. Тогда почва иссушается, ее естественная структура распадается. В результате она теряет свою способность к плодородию, такая почва легко разрушается ветром. А это уже на грани бедствия.

В начале этой главы мы уже говорили о необходимости осуществления в прибалтийских республиках и Нечерноземье не просто осушения, а регулирования влажности почвы. Это

обозначает, что время от времени почвы должны увлажняться. Как же это осуществить?

Как видно, нужно воспользоваться той же закрытой дренажной системой. Если при осушении вода самотеком поступает в трубы, то при необходимости увлажнения почв можно через эту же систему труб нагнетать воду под давлением. Это вполне достаточно для быстрого повышения влажности почвенных горизонтов.

Конечно, количество подаваемой при этом воды должно быть строго определенным, превышение установленной нормы может привести к вторичному заболачиванию и затоплению почв.

Роль гидрогеолога при проектировании осушения весьма значительна. Он должен выявить водопроницаемость почв и пород, установить требуемую величину снижения уровня грунтовых вод, ожидаемое поступление грунтовых вод к дренажным трубкам и, наконец, предсказать понижение уровня грунтовых вод после устройства водорегулирующей системы и его изменения в течение года.

Как видите, работы здесь много. Там, где проводится регулирование водного режима почв, создаются новые совхозы, расширяются сельскохозяйственные угодья колхозов. Население получает дополнительно огурцы, капусту, картофель и другие овощи, расширяются животноводческие базы.



БЕРЕЧЬ БЕСЦЕННЫЙ ДАР ПРИРОДЫ

Человек истощает подземные воды

Уже много веков и даже тысячелетия человек использует подземные воды для своих нужд. На первых порах это были источники, бьющие из-под земли, на которых устраивали свои термы римляне, а затем колодцы для получения питьевой воды.

В XVIII веке человек стал все глубже проникать в земные недра для извлечения воды. Подошел XX век — добыча полезных ископаемых выросла до грандиозных размеров. Она сопровождается откачкой воды для того, чтобы обеспечить горные работы. Осваиваются все новые подземные горизонты для обеспечения населения питьевой водой.

В ходе извлечения воды из скважин или любых выработок (шахт, колодцев, тоннелей метро и т. д.) вокруг них возникает понижение уровня подземных вод. Так, при длительной откачке воды из скважины вокруг нее происходит понижение уровня по своеобразному кольцу. Гидрогеологи называют такое понижение депрессионной воронкой (рис. 52). Чем больше скорость откачки, тем больше это понижение. Вода в скважинах притекает с боков, а иногда со стороны дна. Вот и получается, что вокруг скважины в зоне ее влияния возникает уменьшение содержания подземных вод, и их уровень падает. Зона влияния скважины зависит от количества откачиваемой воды, строения толщи, водопроницаемости пород, величины понижения уровня и других факторов. В песках она колеблется от 25 до

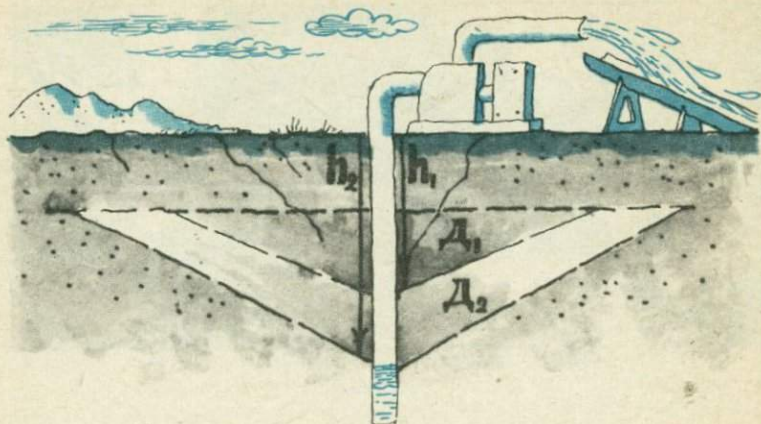


Рис. 52. Образование депрессионной воронки вокруг скважины при откачке воды:

D_1 — депрессия при уровне воды в скважине h_1 , D_2 — то же, при уровне h_2

1000 м и более. Еще больше радиус депрессии или зона влияния устанавливается в гравии. В этих породах, состоящих из крупных частиц, радиус депрессии может достигать 1500—3000 м.

А теперь представим, что на каком-то участке существует группа скважин, дающих воду в течение многих лет, да еще зоны влияния их накладываются. Тогда на этих местах скорость падения уровня возрастает. Если приток новых порций воды к такому участку будет меньше, чем количество откачиваемой воды, то возникнет явление истощения горизонта. Скважины дают все меньше и меньше воды. Бурят новые, но они оказываются лишь в первый период эксплуатации как будто водообильными. Но проходит небольшое время, и здесь резко падает количество питьевой воды.

И вот результат — многолетние откачки воды из скважины привели к понижению уровня в Москве до 50—95 м, а в Ленинграде до 50 м. Еще больший ущерб артезианским горизонтам был нанесен в Париже, где уровень их снизился на 125 м, а в Лондоне на 100 м.

Особенно пострадали подземные воды в США, где чрезмерная их откачка привела к резкому падению уровня. В Калифорнии снижение уровня артезианских вод достигло 170—220 м.

В некоторых случаях может возникнуть другая неприятность — образующийся вакуум может вызвать приток воды из вышерасположенного горизонта, часто загрязненного, или нижерасположенного — засоленного. Тогда не только сокращается

количество подземных вод, но и ухудшается их качество. Они становятся солоноватыми или даже опасными распространителями желудочных заболеваний. Примером может служить подсос (проникновение под влиянием вакуума) в некоторые горизонты подземных вод в Калифорнии морских вод, вызывавших их осолонение.

Промышленность угрожает воде

Перед нами химический комбинат. На его территории громоздятся отвалы пятидесятиметровой высоты. Это отходы производства. Самое интересное, что эти нагромождения состоят из поваренной соли, содержащей ряд ядовитых веществ. В таких отвалах конденсируется вода. Выпадающие дожди и талые воды струйками просачиваются в соляные массивы. В результате под ними в углублении, которое выдавила своей массой соль, скапливается ядовитый рассол. Он медленно фильтруется через толщу суглинка и попадает в поток подземных вод. Интересно, что вследствие различия плотностей чистой воды и рассола обнаружить последний оказывается трудно. Он движется в общей массе воды отдельным компактным слоем. В конечном счете эти рассолы с потоком подземной воды попадают в реки (рис. 53). Под их действием гибнет рыба и пропадает планктон.

Как бороться с этим несчастьем? Ученые и производственники работают прежде всего над решением задачи ликвидации этих соляных отвалов. Это может быть достигнуто и помещением отходов в выработанные пространство соляных шахт под землей, и вторичным использованием отходов. Наконец, возможен путь более рационального устройства самих отвалов — уменьшение площади, которую они занимают, устройство основания с системой удаления образующихся под соляной массой рассолов (рис. 54).

Мы привели лишь один эпизод борьбы с влиянием промышленных отходов на подземные воды. Промышленность в ходе технологических процессов выбрасывает массу самых разнообразных сточных вод. В составе их содержатся такие ядовитые вещества, как ртуть, никель, медь, органические ядовитые соединения и многие другие. Особенно опасны стоки, содержащие радиоактивные вещества. Все эти воды способны загрязнить и испортить реки и озера и подземные горизонты.

Опасность представляют не только сточные воды, но и дымы (газы), выбрасываемые в воздух промышленными предприятиями. Чего только они ни содержат: и сульфиды и сульфаты, и ангидриды азотной кислоты и пары соляной кислоты



Рис. 53. Отходы химической промышленности в отвале загрязняют подземные воды:

I — масса солевых отходов, *II* — прогиб пород под тяжестью отвала и скопление рассола, *III* — горизонт подземной воды, *IV* — слой рассола, проникающий из прогиба, *V* — водоупор

и многое другое. В конечном счете большинство этих газов оседает на поверхность либо вместе с пылью, либо с атмосферными осадками. А уж отсюда они держат путь с просачивающимися водами в породы, а затем в грунтовые воды. Чтобы представить себе размах этого процесса, укажем, что в районах химических предприятий, тепловых электростанций и других производств с атмосферными осадками выпадает до 2—4 г различных веществ на квадратный метр поверхности в год.

Наконец, промышленные предприятия часто забирают из подземных горизонтов воды для технических целей, истощая их запасы. В районах нефтяных месторождений при откачке так называемых наднефтяных вод часто происходят проникновение нефти в горизонты подземных вод и их порча.

Большие количества подземных вод используются для охлаждения турбогенераторов, станков и других механизмов. Часть из них может попадать в земную кору. Их опасность заключается не только в загрязненности маслами и различными примесями, но и в повышенной температуре (так называемое термозагрязнение).

Борьба с загрязнением поверхностных и подземных вод вполне возможна путем создания оборотного водоснабжения, когда

Рис. 54. Защита при помощи экрана (Э) от поступления из отвалов загрязненных вод Д в породы



вода, попав в производственный цикл, все время находится в его пределах. Хорошим методом является создание очистных сооружений, задача которых освободить воду от вредных растворенных и взвешенных примесей.

Примером современной очистительной системы является биохимочистка, созданная в Северодонцке. Здесь воды сначала очищаются от взвешенных механических примесей (ила, песка), а затем после усреднителей, понижающих концентрации химических веществ, направляются в специальные бассейны. Они достигают площади в тысячу квадратных метров. Здесь и происходит основная биологическая очистка. Микроорганизмы, привносимые с городскими отходами, должны перерабатывать все ядовитые органические примеси, превращая их в воду и углекислоту. Так же постепенно разрушаются различные загрязняющие неорганические соединения. После биологической очистки, пройдя отстойники, вода поступает в специальные пруды. Они служат для дополнительной очистки и озонирования. На этом все заканчивается. Получаемые воды могут смело сбрасываться в речную систему. Анализы показывают, что воды после этого оказываются очищенными на 98% от содержащихся в них примесей.

Город и вода

Вы едете по городу и любуетесь широкими асфальтированными улицами и площадями, высокими красивыми зданиями. Современные города с многочисленным населением занимают крупные территории, в значительной части густо застроенные.

Нью-Йорк со своим 14-миллионным населением занимает около 10 тыс. км². Столица Японии Токио с населением почти в 10 млн. человек разместились на площади только 573 км².

Третий по величине город мира — Лондон при населении 8,3 млн. человек занимает площадь около 2000 км². Москва со своими 8,1 млн. жителей размещается на территории 900 км².

На пространствах, занимаемых городами, резко изменяются природные условия, определяющие существование подземных вод, и в особой степени — грунтовых. Большие асфальтированные площади понижают испарение и ухудшают условия инфильтрации воды в породы. Система водостоков, дренажей, коллекторов перехватывает атмосферные осадки и отводит их в речные системы или прямо в моря.

Все овраги, котлованы в пределах города, как правило, засыпаны. Многие реки канализированы, как это сделано в Москве с реками Яузой, Неглинкой, Пресней, Ходынской и др. Ф. В. Котлов в одной из своих работ отмечает, что с момента возникновения Москвы на ее территории исчезло более 100 речек и ручьев. А ведь из их долин происходило дренирование или питание грунтовых вод.

Большую роль играет строительство метрополитена, подземных складов, транспортных туннелей и других подземных сооружений, в ходе которого откачивается и сбрасывается в поверхностные водостоки большое количество подземных вод.

Масса тяжелых зданий, целых кварталов и застроенных районов уплотняет рыхлые горные породы на глубину 15—20 м. Размеры пор уменьшаются, и соответственно сокращается водопроницаемость пород. Подземные воды, встречая участки уплотненных песков, суглинков и других пород, могут обтекать их, изменяя условия движения подземных потоков.

Большое количество бытовых и промышленных отходов на территории города попадает в породы и, поступая в подземные воды, меняет их водообильность и состав. Особенно опасно загрязнение ядовитыми веществами и болезнетворными бактериями.

Наконец, города интенсивно эксплуатируют подземные горизонты для получения питьевой и технической воды. Об этом уже упоминалось в предыдущем разделе книги. Вот такие сложные условия существования подземных вод складываются в городе.

Если проанализировать различные факторы, то можно заметить, что одни из них истощают подземные горизонты, другие — повышают их уровень, третьи изменяют условия динамики потока вод под землей, наконец, четвертые — меняют состав и загрязняют их.

Совсем недавно для ряда городов было обнаружено явление самоподтопления. Оно развивается в результате утечек воды из водопровода, канализации и трубопроводов технических вод. Этому способствует также покрытие обширных площадей городов асфальтом и бетоном. В результате уровень грунтовых вод постепенно поднимается.

Во многих случаях в городах происходят процессы истощения глубоких горизонтов, опускание уровня грунтовых вод и формирование на отдельных участках пятен, как бы висящих в верхних частях массивов, образованных в результате течи коллекторов, емкостей, канализационных и прочих сетей.

Все это отрицательно отражается на экологической сети этих районов — изменяются почвы, растительность, микробиологические процессы. Часто изменение залегания грунтовых вод ведет к развитию ряда процессов — оползней, карста, разрушению зданий и сооружений, появлению пльвунов, эрозии поверхности и т. д. Следует заметить, что влияние города на подземные воды распространяется далеко за пределы его территории.

Можно ли бороться с отрицательными воздействиями города на подземные воды? Что для этого нужно сделать?

Сельское хозяйство и вода

Представьте себе, что и сельское хозяйство может отрицательно влиять на подземные воды. В этом случае площади, на которых сказывается влияние этой области хозяйствования людей, в тысячу раз больше.

Но как может пахота воздействовать на грунтовые воды? Возьмем удобрения. Это слово звучит как внесение добра в почву. Действительно, растения нуждаются в азотных, фосфатных, калийных удобрениях. Но рассеивание азотных удобрений из воздуха или наземных установок приводит часто к тому, что они легко переходят в опасные для человека нитраты, которые в растворенном виде проникают вместе с талыми и атмосферными водами в почву и далее в грунтовые воды. Подземные воды, содержащие много нитрата, становятся просто опасными для человека. Их нельзя использовать для питья.

Фосфаты очень часто оказываются слаборадиоактивными, так как значительное их количество добывается из апатита. Внося их в почву, мы постепенно увеличиваем ее радиоактивность, а инфильтрующиеся воды переносят радиоактивные изотопы в подземные горизонты. Правда, радиоактивность эта невелика, но если учесть, что удобрения вносятся в почву в течение весьма длительного времени, то стоит задуматься над этим вопросом. Только в 1970 году в почвы было внесено более 39 млн. т удобрений и гербицидов.

Еще хуже обстоит дело с гербицидами и инсектицидами, вносимыми в почвы для борьбы с сорняками и вредителями.

В 1874 г. немецкий ученый Зайндлер синтезировал ДДТ. Он и не подозревал, что оказал человечеству плохую услугу.

Незадолго до второй мировой войны обнаружилось, что ДДТ является мощным инсектицидом. С тех пор колоссальные количества этого соединения набросаны на полях, в лесах и даже в жилых помещениях. Это вещество обладает удивительной стойкостью и поразительной способностью к миграции. Оно было найдено даже в молоке матерей. В Швеции, по данным Г. Лефрот, дети с материнским молоком получают дозу ДДТ, на 70% превосходящую допустимую. А в Австралии его количество в материнском молоке превысило тридцатикратный допустимый уровень. ДДТ был найден у пингвинов Антарктики. А из почв и лесной подстилки он переместился атмосферными водами в реки и подземные воды. В грунтовых водах было также обнаружено присутствие этого соединения.

Во многих странах и в том числе в СССР производство и употребление ДДТ и ряда других ядовитых инсектицидов и гербицидов запрещено. Засоряя и отравляя почвы, они затем могут переходить в подземные и речные воды.

Вносимые в почву на протяжении многих лет и проникающие в подземные воды гербициды наносят, как утверждают некоторые ученые, большой и непоправимый ущерб здоровью людей, а также губят животных.

Влияние сельскохозяйственных мероприятий проявляется и с другой стороны. Возьмем орошение. Поливные воды и воды, инфильтрующиеся из каналов, поступают прямо в подземные воды. Гидрогеологи, когда атмосферных осадков мало, говорят о преобладании ирригационного питания грунтовых вод. Особенно повышается уровень грунтовых вод при избыточном орошении, когда либо по незнанию, либо по нерадивости на поля подаются излишние количества воды. В этом случае уровень грунтовых вод быстро поднимается. Происходит также изменение их химического состава. Эти явления подтопления распространены в Иране, Пакистане, Северной Америке. В Узбекистане на Талимарском массиве уровень подземных вод поднялся за 12 лет на 10—12 м и достиг глубины 1—3 м от поверхности.

Противоположно действие осушения. На осушенных территориях является обычным понижение уровня грунтовых вод на 1—2 м. В этом случае происходят серьезные изменения в характере питания грунтовых вод. Большая часть инфильтрующейся атмосферной и талой воды попадает не в грунтовые горизонты, а перехваченные дренажами, отводятся в реки, озера, ручьи.

Если не принять защитных мер, результаты не замедлят сказаться. Прежде всего резко уменьшится количество грунтовых вод. Бывают случаи, когда уровень их падал ниже дренажных каналов. Но не только верхние горизонты терпят в этом случае урон. Даже глубоко залегающие артезианские воды и те сокращают водообильность. В Полесье было зарегистрировано

падение уровня напорных вод. Эти неприятные явления заставляют проводить осушение с тщательным наблюдением за состоянием подземных вод.

Как важно влияние сельского хозяйства на подземные воды? Можно ли защитить их от пагубного воздействия этой стороны хозяйственной деятельности людей?

Защита подземных вод

Было время, когда никто не думал охранять или защищать подземные воды. В XIX веке во многих странах Европы регулярно возникали желудочно-кишечные заболевания. Сотни тысяч людей страдали этими тяжелыми болезнями. Никому не приходило в голову, что частой причиной этих эпидемий является загрязнение питьевой воды, получаемой из колодцев и скважин. Такому положению способствовало слабое развитие микробиологии и бактериологии. Лишь в самом конце прошлого века и начале XX обнаружилось влияние загрязнения источников подземных вод на здоровье людей.

После второй мировой войны началось бурное развитие химической промышленности, автомобильного транспорта, городского строительства. В нашей стране до Великой Отечественной войны велась планомерная борьба с бактериальным заражением водоносных горизонтов. В 50—60-х годах встал вопрос об охране и защите подземных вод от бытовых и промышленных стоков. Возникла опасность истощения их в районах горнодобывающих предприятий, городских водозаборов, промышленных предприятий.

Возьмем в качестве примера Украину. Здесь в 1969 году в сутки отбиралось 8 млн. м³ подземных вод, а по расчетам гидрогеологов можно брать только 6 млн. м³. Вот и получается, что каждый год берется на 2 млн. м³ воды больше, чем позволяет природа. А с ней шутки плохи. Такой непомерный забор воды ведет к снижению уровней подземных вод и резкому уменьшению их запасов.

Во всеоюзной кочегарке — Донбассе, чтобы обеспечить добычу угля из 300 шахт, каждые сутки откачивается 500 тыс. м³ воды. Другой объект — Белозерский железорудный комбинат. Здесь каждый день выбрасывается из земли 100 тыс. м³ драгоценной воды. И вот результат — многим населенным пунктам Запорожской области может не хватить воды.

На территории Украины имеется 450 самоизливающихся скважин. Из них каждый день вытекает до 40 тыс. м³ воды. Небольшая часть ее используется, а другая часть заболачивает и засоляет грунты. Но самое неприятное явление вследствие их деятельности — это истощение водоносных горизонтов.

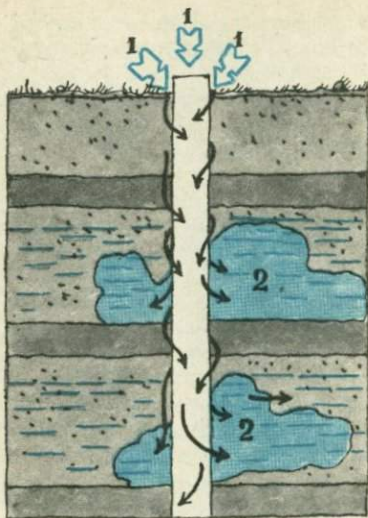


Рис. 55. Старые скважины — путь к загрязнению глубоких горизонтов подземных вод:

1 — загрязненные поверхностные воды, поступающие по затрубному пространству и через устья; 2 — сточные воды, проникающие через корродированные участки труб в подземные воды. Стрелки — направление движения воды

Не всегда мы относимся бережно к этому дару природы. Так, в Киеве ценнейшие подземные воды на 40—50% идут для нужд производства, в то время как можно было бы использовать любые непитьевые воды.

Загрязнение подземных горизонтов может идти разными путями. Это могут быть атмосферные осадки, насыщенные промышленными и автомобильными газами, просачивающиеся через поверхность земли, потоки воды из поврежденных канализационных сетей. Промышленные стоки могут легко проникать через карстовые каналы, трещины либо старые заброшенные скважины и колодцы.

Опасность проникновения вод через старые буровые скважины особенно велика, так как через них загрязняющие потоки могут проникать сразу в несколько горизонтов (рис. 55).

Приведем пример. На территории Украины в 1969 г. было выявлено 2207 скважин, из которых 326 требовали серьезного ремонта, а 1881 — немедленной ликвидации.

Геологическими организациями принят ряд мер для упорядочения эксплуатации водоносных горизонтов. Ученые и инженеры разработали много интересных методов для охраны подземных вод.

Как, например, уменьшить инфильтрацию в породы промышленных отходов из разных котлованов или грунтовых емкостей (так называемых накопителей)? Ведь необходимо сделать так, чтобы стенки и дно не пропускали отходы.

Как будто бы просто! Но когда стали заниматься решением этой проблемы, все оказалось очень сложным. Применили уплотненный глинистый грунт. Получилось и дорого, и неэффективно. Он довольно хорошо пропускает растворы. Сделали затем экранирование дна и стенок полиэтиленовой пленкой. Как будто немного дешевле и надежней. Но... укладка такого экрана очень трудоемка, имеется опасность прорастания растений и взаимодействия с химическими реактивами.

Давайте посмотрим, как в Казахстане экранируют отвал фосфогипса (отход химической промышленности): сначала выравнивается и укатывается катками поверхность, затем она обрабатывается гербицидами, чтобы растения не повредили покрытия. На нее кладут пятисантиметровый слой асфальта. Но это не все. Асфальт покрывают битумно-латексной эмульсией в три слоя по 2 мм. Но и это не все. Сверху кладут металлическую сетку. Ее затем покрывают трехсантиметровым слоем асфальта. Авторы считают, что такой экран не будет пропускать растворы. Однако полной уверенности в этом нет.

За рубежом и у нас сейчас модны противофильтрационные стенки глин, имеющих в своем составе очень мелкие частицы (высокодисперсные). Однако и это не решение вопроса. Ученые ищут. Конечно, и существующие экраны — значительный шаг вперед. Когда их не было, загрязнение подземных вод из накопителей отходов было особенно интенсивным.

Так, на одном из фенольных заводов несколько десятков лет назад были захоронены отходы, но до сих пор они загрязняют грунтовые воды и реки района.

Перед нами водозабор — несколько буровых скважин и сооружения для коллектирования воды. Ведь это особенно уязвимое место. В соответствии с имеющимися законами вокруг таких водозаборов, для предупреждения их загрязнения создаются зоны санитарной охраны подземных вод. Это не только небольшие участки вокруг забора (так называемый первый пояс санитарной охраны), но и обширная территория, окружающая первый пояс. Во второй зоне необходимо исключить любые пути поступления загрязненных поверхностных и сточных вод в толщу породы.

В СССР созданы специальные гидрорежимные станции, которые обязаны контролировать охрану подземных вод от загрязнения и истощения. Роль этих станций в защите подземных вод весьма велика. Они выполняют благородную работу, которая позволяет предупредить порчу и уничтожение важнейших источников питьевых вод.

Орошение является крупнейшим потребителем воды. К примеру, на Украине для орошения расходуется до 70% всей добываемой пресной воды. Половина этого количества идет на испарение и усваивается растениями. А вот от 20 до 60% воды возвращается в виде возвратного стока. Но эти избыточные во-

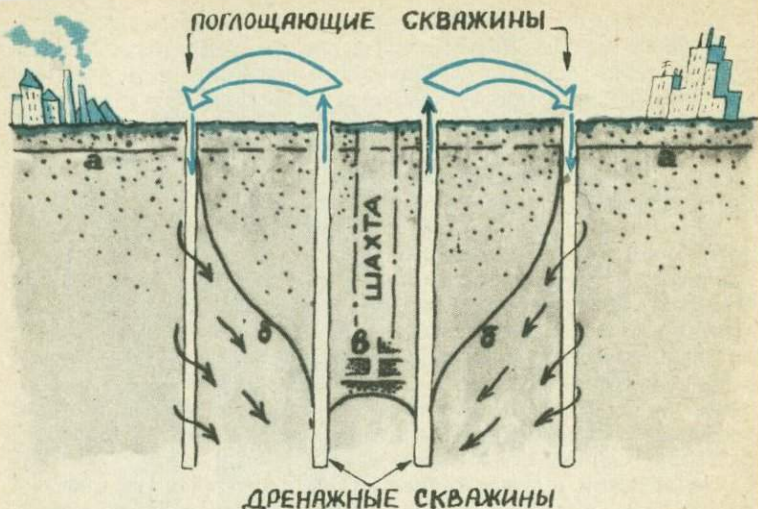


Рис. 56. Борьба с падением уровня подземных вод вокруг шахт с помощью откачиваемых вод, создающих гидрозавесу (по Г. В. Короткевичу):

а — уровень подземных вод до разработки месторождения; б — уровень, поддерживаемый искусственно; в — разрабатываемое осушенное полезное ископаемое

ды в большинстве случаев загрязнены. Они часто содержат гербициды, ядохимикаты, нитраты, весьма опасные для здоровья людей. Много в них и минеральных примесей.

Такие избыточные воды перехватываются системой дренажей и открытых каналов. Как предотвратить загрязнение ими подземных горизонтов? Этот вопрос еще ждет своего решения.

Вот еще одна трудная проблема. Разработка полезных ископаемых шахтами и карьерами требует откачки больших масс воды: Из года в год подземные воды вокруг только карьера или шахты выкачиваются и отправляются в реки. Города и населенные пункты в зоне их депрессионной воронки могут в этом случае лишиться питьевой воды.

Г. В. Короткевич для борьбы с этим явлением предложил оригинальный метод устройства гидрозавесы. Он основан на том, что откачиваемые из карьера или шахты воды не сбрасываются «на сторону», а полностью возвращаются в подземные горизонты, откуда они были взяты. Для этого вокруг горного предприятия устраиваются поглощающие скважины, куда и направляется откачиваемая вода. Возникает замкнутое кольцо местного питания подземных вод, внутри которого размещается обезвоженный участок шахты или карьера (рис. 56). По-

явление такой гидрозавесы приводит к интересному явлению обтекания участка поступающими сюда подземными водами, двигающимися в сторону естественного уклона.

Сейчас гидрогеологи работают над задачей управления подземными водами. Это значит, что прежде всего необходимо знать заранее, как будут изменяться их количество, уровень подземных горизонтов, химический состав в связи с развитием городов, промышленности, сельского хозяйства.

Человек может и обязан научиться влиять на подземные воды. Искусственно пополнять, очищать, а когда нужно, понижать их уровень. Эти задачи современной гидрогеологией успешно решаются. Человек должен по-хозяйски управлять подземными водами.

Искусственные — естественные подземные воды

Что это за абракадабра? И искусственные и одновременно естественные? Мы знаем как образуются грунтовые воды. «Сырая», неочищенная, дождевая, реже загрязненная сточная и любая другая вода проникает в породы, проходит через них, как через естественный фильтр, и вот результат — чистая подземная вода.

Почему бы не подменить природу на первом этапе? Давайте искусственно направлять любую воду, находящуюся в нашем распоряжении, в толщу пород, а остальное предоставим естественным процессам. Тогда начнут образовываться либо новые водоносные горизонты, либо дополняться массой воды старые.

Вот и появятся искусственные — естественные подземные воды, которые могут явиться хорошим дополнением к существующим запасам.

Первый опыт такого воспроизводства подземных вод был осуществлен в Глазго (Шотландия) в 1810 году. В конце XIX века метод искусственного пополнения подземных вод стал довольно широко использоваться в Европе. В ФРГ и ГДР, где получение питьевых вод базируется в основном на подземных водах, искусственное увеличение запасов подземных вод стало важнейшей частью водоснабжения.

Искусственные воды являются основой водоснабжения таких городов, как Дрезден, Гамбург, Берлин и многих других. В Англии и США искусственное подпитывание водоносных горизонтов широко используется не только для пополнения запасов, но и для предупреждения проникновения в водоносные горизонты морских вод.

В США впервые получение подпитывания подземных вод было произведено в 1889 году в штате Колорадо. В настоящее

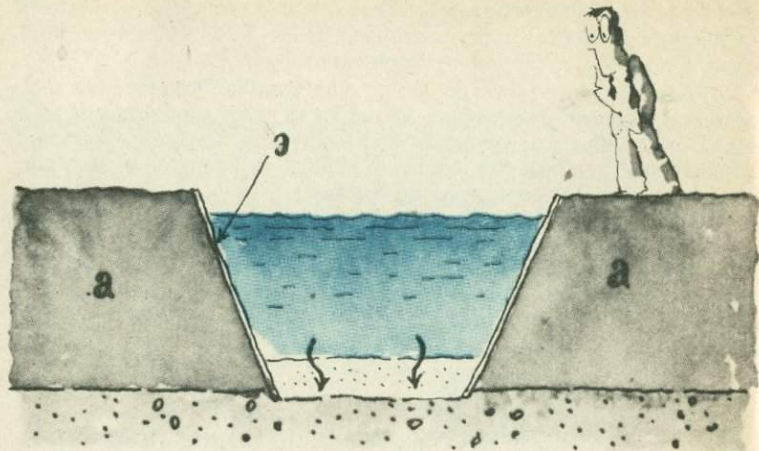


Рис. 57. Вот как прост фильтрационный бассейн:

Э — экран, а — песчано-глинистая порода

время в этой стране имеются сотни систем для искусственного получения подземных вод. Ежегодно почти во всех штатах получают из них многие сотни миллионов кубических метров пригодной для питья воды.

Используется пополнение подземных вод и в других странах: Финляндии, Швеции, Швейцарии, Нидерландах и т. д.

В Советском Союзе этим вопросом долгое время мало интересовались. Однако теперь он превратился в одну из важных народнохозяйственных задач. Возникла необходимость пополнения запасов многих водоносных горизонтов, создания запасов пресных вод там, где их нет, и решения других практических вопросов.

В настоящее время в нашей стране уже имеется несколько десятков комплексов, которые осуществляют искусственную подпитку подземных вод. С каждым годом количество их возрастает. Как же осуществляется на практике искусственное образование подземных вод?

Первый путь — это увеличение поступающего в породы количества воды способом естественной инфильтрации. Наиболее часто это достигается с помощью так называемых инфильтрационных бассейнов. Они представляют собой либо котлованы, либо траншеи, либо участки, огороженные дамбами или даже валиками (рис. 57).

Такие инфильтрационные бассейны имеют площадь от сотен до нескольких тысяч квадратных метров. Глубина их обычно

ПЛАН

РАЗРЕЗ ПО А-Б

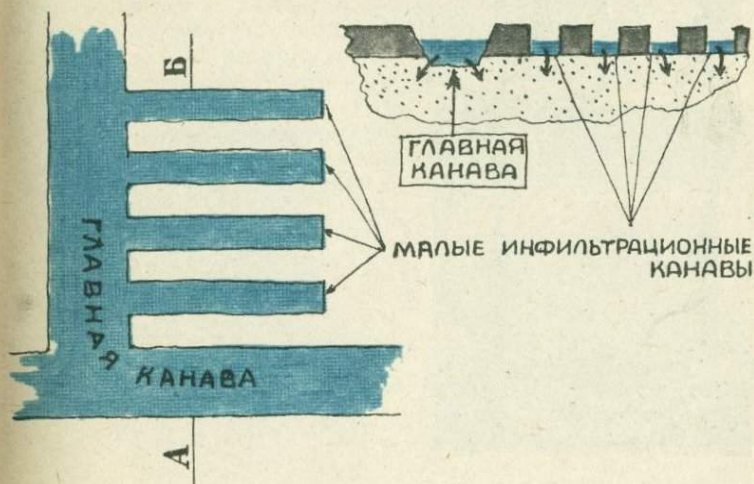


Рис. 58. Канаво-бороздовый метод

невелика — 1—2, редко 3 м. Эти бассейны заполняются слоем воды от 0,5 до 2,5 м. Устройство бассейнов разнообразное. Иногда они представляют собой прямоугольные участки, а иногда это каналы длиной 0,5—2,0 км и шириной 10—15 м. В такие бассейны вода подается в течение 4—5 дней тонким слоем. По мере наполнения бассейнов взвешенные тонкие частицы или просто муль постепенно забивают поры песка. Это ведет к уменьшению количества проникающей в грунт воды. Приходится бассейны отключать и приступать к их очистке. После снятия слоя в 1—3 см бассейн снова заполняется. В течение года эту процедуру приходится проводить до 4—5 раз. Чтобы пополнение подземных вод искусственным потоком не прерывалось, приходится устраивать систему бассейнов, последовательно работающих и очищаемых.

Повышение эффективности бассейнов сейчас достигается предварительной химической и механической очисткой воды, подаваемой в инфильтрационное устройство.

Инфильтрующаяся вода обычно проходит в песчаных породах путь от 30 до 120 м и более. Время, необходимое для прохождения этого пути, зависит от плотности песков и колеблется от 80 до 200 дней. Примером такой подготовки может служить фильтровальная станция Хостервиц (ГДР), снабжающая водой Дрезден. Здесь вода, получаемая из реки Эльбы, направляется

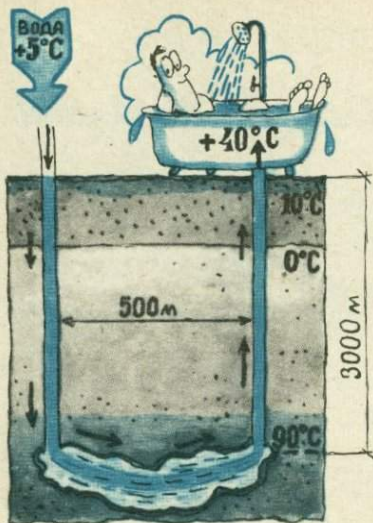


Рис. 59. Искусственное получение горячей воды путем устройства «горячего» котла (по Ю. Дядькину)

сначала на химическую обработку, затем на специальные фильтры. На последнем этапе она аэрируется и уже тогда поступает в инфильтрационный бассейн площадью 20×150 м.

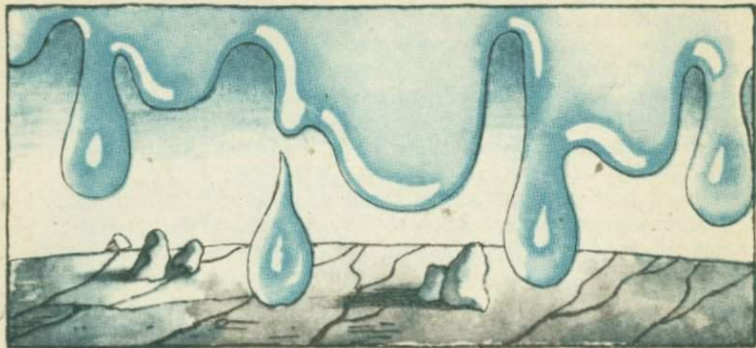
Другой системой создания искусственной инфильтрации является канаво-бороздовой. Для этого сооружается система канав или борозд по контуру или по деревообразной схеме. Ширина этих канав и борозд по верху 1—3,5 м, а по дну 0,3—1 м. Глубина зависит от рельефа. Такие системы особенно полезны там, где нужно использовать для подпитки подземных вод паводковые речные воды (рис. 58). Реже для инфильтрации воды используются шахты, колодцы или карьеры.

Если ставить целью пополнение водоносных горизонтов, залегающих на большой глубине, да к тому же перекрытых мощной толщей водонепроницаемых пород, то, как видно, ни бассейны, ни канавы не помогут. В этом случае устраивается буровая скважина, и через нее под давлением ведется закачка воды в требуемые горизонты. Конечно, перед закачкой вода должна пройти очистку от механических примесей и бактерий. Скорость такой закачки колеблется от 0,006 до 0,06 м³ в секунду. Эти работы дорогостоящи, сложны по своей организации и не всегда дают положительный результат.

Обычно для инфильтрации используют атмосферные, речные и озерные воды. Последние десять лет стали довольно широко использовать промышленные стоки. Можно с уверенностью предполагать, что за этим методом стоит будущее. Говоря об искусственных подземных водах, необходимо упомянуть о производ-

стве термальных вод. Установлено, что на глубинах от 2 до 4 км от поверхности температура горных пород может оказаться 100—160° С. Ю. Дядькин предложил получать искусственную термальную воду путем устройства двух глубоких скважин на расстоянии 500 м. Если в одну из них нагнетать воду, тогда из второй скважины будет поступать горячая вода или пар (рис. 59).

Есть и другие предложения для получения термальных вод путем использования естественного тепла земли. Этим путем удастся создать мощные тепловые станции на искусственных термальных водах.



БУДУЩЕЕ ГИДРОГЕОЛОГИИ

Вот и пришел конец нашего путешествия по стране «Подземные воды». Гидрогеология сегодняшнего дня уже отличается от гидрогеологии 50-х годов. Не только развивается наука, но и меняются подземные воды. Давайте попробуем представить себе будущее этой важной для человечества области знания.

С каждым годом увеличивается население Земли, а пресных вод, пригодных для питья, становится все меньше. В результате развития промышленности и городов все большее количество рек превращается в потоки непригодных вод. Уже из многих рек не только нельзя пить, но и даже купаться в них.

Выход из такого положения для человечества — прежде всего в широком использовании подземных вод. А это требует организации охраны регулирования и управления этим важнейшим ископаемым, расширения искусственного воспроизводства подземных вод. Это одна из главнейших задач гидрогеологии.

Мы много говорим о подземных минеральных водах. Они — бесценный дар природы, неистощимый источник здоровья. Их очень много в земной коре, а используется лишь небольшая часть. Здесь гидрогеологам предстоит немало поработать.

Вода важный поставщик брома, йода, калия, стронция и ряда других необходимых для промышленности элементов. И тут слово за гидрогеологами. Нужно найти эти воды, разведать их количество и предложить промышленности.

Подземные моря и океаны таят в себе грандиозные запасы тепла. Отопление городов, использование в теплицах и оранжереях, перевод многих производственных процессов на использование тепла подземных вод — это грандиозная задача. Ведь это

тепло может быть с успехом применено для освоения северных районов нашей страны, для создания городов за полярным кругом, в которых несмотря на мороз будут на улицах расти пальмы, а в садах шуметь деревья, сгибающиеся под тяжестью плодов.

А если учесть, что термальные воды пользуются необычайно широким распространением, то становится ясным, насколько перспективно их будущее. Соответственно возникает ещё одна важнейшая задача гидрогеологии — найти и помочь использовать их для нужд страны.

Гидрогеологи должны решить массу проблем, связанных с переброской сибирских рек. Эта грандиозная задача не может быть решена без гидрогеологического обоснования.

Одной из крупнейших общечеловеческих задач является защита подземных вод от загрязнения. Охрана этого бесценного дара природы должна стать делом каждого гражданина нашей страны.

А сколько еще не названных задач! Тут и орошение, и осушение, глобальное изучение закономерностей движения подземных масс воды. Близится время, когда гидрогеология шагнет в космос. Можно ожидать, что Марс и Луна в своих недрах богаты внутрипланетарными водами. Во многих случаях методы гидрогеологии могут быть перенесены и на другие планеты.

Впереди много труда, много успехов и неизбежных ошибок, но гидрогеология — наука XX века — смело идет вперед!

Что еще читать о водах под землей.

Абадашев И.

Подземный океан. М., Географиздат, 1962.

Карцев А. А., Вагин С. Б.

Невидимый океан. М., Недра, 1978.

Киссин И. Г.

Вода под землей. М., Наука, 1976.

Магакян Г.

Степь и вода. М., Мысль, 1977.

Плотников Н. И.

Подземные воды — наше богатство. М., Недра, 1976.

Разумов Г. А.

Подземная вода. М., Наука, 1975.

Седенко М. В.

Гидрогеология и инженерная геология. М., Недра, 1971.

Оглавление

- 5 **А что Вы знаете о воде?**
- 5 Простая и странная, обыденная и загадочная
- 10 Вода постепенно раскрывает свои тайны
- 12 Тайна рождения воды
- 15 Вода и жизнь
- 17 Вода и цивилизация

- 20 **Воды так много и так мало**
- 20 Видимая и невидимая
- 23 «Вечное» движение
- 25 Изменяется ли количество воды на Земле?
- 27 Угрожает ли человечеству водяной голод?

- 30 **Откуда ее столько под землей?**
- 30 Загадки воды под землей
- 32 Откуда же вода в пустыне?
- 34 Может ли вода просочиться до центра Земли?
- 38 Опять недоуменный вопрос
- 41 Катастрофа на острове Мартиника

- 44 **Невидимые реки**
- 46 Водяная скатерть
- 47 Реки и озера под землей
- 49 Вода возвращается на поверхность
- 51 Легенды и действительность

- 54 **Подземные моря и океаны**
- 54 «Французское чудо»
- 55 Вода, рвущаяся вверх
- 57 Океаны и моря под землей
- 58 Смерть от жажды на баке с водой

- 61 **Многоликие воды**
- 61 Пресная и соленая, горькая и ядовитая
- 63 Моря соленой воды под землей
- 65 Радиоактивные

- 66 Можно ли заправить машину водой вместо бензина?
67 Богатства, плавающие в воде
- 70 **Жара и мороз**
- 70 Город будущего
71 Кипяток под ногами
73 Чудесный дар природы
76 Помидоры и огурцы, бананы и яблоки у полярного круга
78 Вода-скала
- 81 **Где же она?**
- 81 Знахари и шарлатаны
82 «Ищейная» лоза и радиостезия
85 Вода, где ты?
87 Слово за техникой
91 Спутники и воды под землей
- 94 **Когда вода становится врагом**
- 94 Утопающие богатства
97 Враг строителей
98 Падающая колокольня и погружающийся город
100 Искусственные моря и грунтовые воды
103 Подземные воды — предвестник и причина катаклизма
- 106 **Здоровье людей и подземные воды**
- 106 Лучшие питьевые воды
109 Берегитесь плохой воды
110 Существует ли живая вода?
112 Воды, несущие здоровье
115 Богатырская вода
118 Еще многие другие
121 Чудесные источники Чехословакии
122 В Болгарии
124 Минеральные воды Земли
- 126 **Хлеб, рис, овощи и воды под землей**
- 126 Земля жаждет
130 Печальный опыт
132 Можно ли орошать подземными водами
132 Затопленная земля

- 135 **Беречь бесценный дар природы**
- 135 Человек истощает подземные воды
- 137 Промышленность угрожает воде
- 139 Город и вода
- 141 Сельское хозяйство и вода
- 143 Защита подземных вод
- 147 Искусственные — естественные подземные воды
- 152 **Будущее гидрогеологии**
- 154 Что еще читать о водах под землей

Анатолий Константинович Ларионов

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Редактор издательства **А. И. Панова**
Художественный редактор **В. В. Евдокимов**
Технический редактор **Е. С. Сычева**
Корректор **Р. Я. Ускова**
Оформление художника **И. Лемешева**

Сдано в набор 27.10.78. Подписано в печать 20.07.79. Т-14318.
Формат 84×108 1/32. Бумага офсетная. Гарнитура литературная.
Печать плоская. Печ. л. 5,0. Усл.-печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 9,46.
Тираж 90 000. Заказ 142/7082—2. Цена 30 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
Третьяковский проезд, 1/19

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский
полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. г. Калинин, пр. Ленина, 5.

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
ГОТОВИТ К ПЕЧАТИ НОВЫЕ КНИГИ

ВЕЛИЧКО Е. А., КОНТАРЬ Е. А., ТАРЕЕВА О. К. За рудой в глубины океана.— 10 л., ил.— 35 к. 100 000 экз.

В книге в популярной форме рассказывается о Мировом океане, методах и средствах изучения его геологического строения, минеральных ресурсах, перспективах использования этих ресурсов для нужд человечества. Рассмотрены геологическая история континентов и океанов, процессы рудообразования в океанической среде, глубоководные рудопроявления, образование россыпных месторождений в береговой зоне, использование морской воды для извлечения минеральных веществ. Описаны проекты и существующие системы для добычи минерального сырья на мелководье и берегах, из глубоководных областей океана и из толщи пород под дном моря. Дано представление о технологии металлургического передела новых типов руд из океана.

Для широких кругов читателей, интересующихся науками о Земле и ее минеральных ресурсах.

ДРУЯНОВ В. А. Загадочная биография Земли.— 2-е изд., перераб. и доп.— 10 л., ил.— 40 к.

Существуют вопросы, которые волнуют не только поколение геологов. Иногда казалось, что будто уже найдена разгадка на один из этих вопросов, но проходило время и выяснялось, что геологический «орешек» не расколот. И опять новые представления теснили старые, часто сосуществуя. Именно поэтому в геологии, может быть как ни в одной другой области знаний, так много гипотез. Предлагаемая научно-популярная книга — книга геологических гипотез. В ней рассказывается о развитии и строении внутренних сфер земного шара, земной коры, рельефа Земли, о происхождении основных полезных ископаемых. Второе издание (1-е изд.— 1975) значительно переработано, с учетом появления в последние годы новых интересных работ в области теоретической геологии.

Для широкого круга читателей.

НОВИКОВ Э. А. Планета загадок.— 3-е изд., перераб. и доп.— 13 л., ил.— 50 к. 100 000 экз.

В книге популярно, в виде небольших занимательных рассказов, показана история исследований и развитие представлений о происхождении нашей планеты, ее форме, размерах, тайнах строения, магнитном поле, земных электрических токах, о возрасте и вращении Земли. Рассказано о поисках месторождений полезных ископаемых и проведении инженерно-геологических работ, о влиянии деятельности человека на изменение облика планеты, об охране и использовании природных богатств. Третье издание (2-е изд.— 1974) переработано с учетом новейших сведений в познании Зем-

ли и дополнено новыми материалами по комплексному и рациональному использованию богатств ее недр.

Для широкого круга читателей.

РУДИЧ К. Н. Плутон бежит из ночи.— 8 л., ил.— 35 к. 100 000 экз.

В научно-популярной книге, на основании документальных данных и личных наблюдений автора, описывается одно из грандиозных природных событий XX века на нашей планете — рождение Толбачинских вулканов в результате извержения 1975—1976 гг., которое продолжалось непрерывно более полутора лет. Приводятся сведения и о других извержениях вулканов, в том числе и катастрофических, имевших место в историческое время, главным образом, в пределах Камчатки; показано воздействие извержений на природу. Подчеркивается важное значение прогноза вулканических извержений: в этой области советские ученые занимают ведущее положение. Указывается также, что вулканы приносят и пользу человеку — используются горные породы, которые поступают с больших глубин Земли, и, особенно, вулканическое тепло.

Для широкого круга читателей, интересующихся грандиозными явлениями природы, какими являются извержения вулканов.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга — почтой» магазинов:

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;

№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

Издательство «Недра»

Анатолий Константинович Ларионов

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Редактор издательства А. И. Панова
Художественный редактор В. В. Евдокимов
Технический редактор Е. С. Сычева
Корректор Р. Я. Ускова
Оформление художника И. Лемешева

Сдано в набор 27.10.78. Подписано в печать 20.07.79. Т-14318.
Формат 84×108 1/32. Бумага офсетная. Гарнитура литературная.
Печать плоская. Печ. л. 5,0. Усл.-печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 9,46.
Тираж 90 000. Заказ 142/7082—2. Цена 30 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
Третьяковский проезд, 1/19

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский
полиграфкомбинат «Союзполиграфпром» при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. г. Калинин, пр. Ленина, 5.

30 коп.

2950

НЕДРА

