

**А.МЕРКУЛОВ**

**САМАЯ  
УДИВИТЕЛЬНАЯ  
НА СВЕТЕ  
ЖИДКОСТЬ**

**Издательство «Советская Россия»  
Москва — 1978**

551.49  
М52

**Меркулов А. П.**

**М52** Самая удивительная на свете жидкость. М., «Сов. Россия», 1978.

192 с.

Вода — самое распространенное вещество на нашей планете. Повседневнo используя воду, мы так привыкли к ней, что считаем ее обычным явлением. А между тем вода удивительна и необыкновенна. Она подлинное чудо природы, единственная в своем роде.

В этой книге рассказывается не только об уже известных свойствах воды, но и о новых интересных открытиях ученых, о правильном использовании, охране водных источников и других вопросах.

М  $\frac{21002-052}{М-105(03)78}$  32—78

551.49

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*Вода — самое распространенное вещество на нашей планете. Это океаны, моря, реки, озера и водохранилища. Это и голубые громады горных ледников, и необозримые снежные покровы Земли. Свинцовые тучи и причудливые облака, дождь и туман — тоже вода. Она и в нас самих: мы на две трети состоим из воды.*

*Вода — не только самая распространенная, но и самая важная в природе жидкость. Достаточно сказать, что в воде зародилась жизнь. Без нее невозможно существование животных и растений. Жизнь есть только там, где есть вода.*

*Без чистой пресной воды не может существовать и развиваться человечество, промышленность и сельское хозяйство.*

*Вода — это не только питье и сырье, но еще и энергия.*

*Повседневно используя воду, мы так привыкли к ней и считаем ее настолько обыденным явлением, что слово «вода» стали употреблять как синоним неинтересного и давно известного. В действительности она удивительна и необыкновенна. Вода — это подлинное чудо природы.*

*Что же такое вода? Это соединение водорода с кислородом, химическая формула которого —  $H_2O$ . Она говорит нам, что молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.*

*Почему же одно из бесчисленных химических соединений с простой и ничем не примечательной формулой, состоящее из двух обычных для мироздания химических элементов — водорода и кислорода, всем известная вода, занимает столь особое место в жизни природы? Чем объясняется такая уникальная роль воды?..*

*Почти все физико-химические свойства воды — исключение в природе. Она действительно самое удивительное вещество на свете.*

*Вода поражает нас не только многообразием изотопных форм молекулы и не только надеждами, которые связаны с ней как с неиссякаемым источником энергии будущего, но и необыкновенным сочетанием своих необычных свойств.*

*Ученые уже немало узнали о воде, разгадали многие ее тайны. Но чем больше они изучают воду, тем больше убеждаются в неисчерпаемости ее свойств, некоторые из которых настолько любопытны, что порой все еще не поддаются объяснению.*

*Хотя вода самое распространенное вещество на Земле и запасы ее огромны, пресной воды не так уж много. Чтобы полностью удовлетворять растущие потребности в воде промышленности, сельского хозяйства, а также бытовые нужды человека, необходимо сегодня не только изыскивать новые водные источники, но и бережно относиться к имеющимся. В этой связи огромное значение имеет переход на безотходное производство продукции, полностью исключаящее сбросы промышленных стоков.*

*Проблема воды ныне становится одной из важнейших не только в плане ее всестороннего и разумного использования, но и в плане охраны источников: ведь вода — частица чрезвычайно сложной системы единого биологического комплекса. Жизнь человека и других животных все больше зависит от жизни морей и океанов, рек и озер. Мертвый океан, мертвые моря, реки и озера — это мертвая планета.*

*Предлагаемая вниманию читателей книга А. П. Меркулова «Самая удивительная на свете*

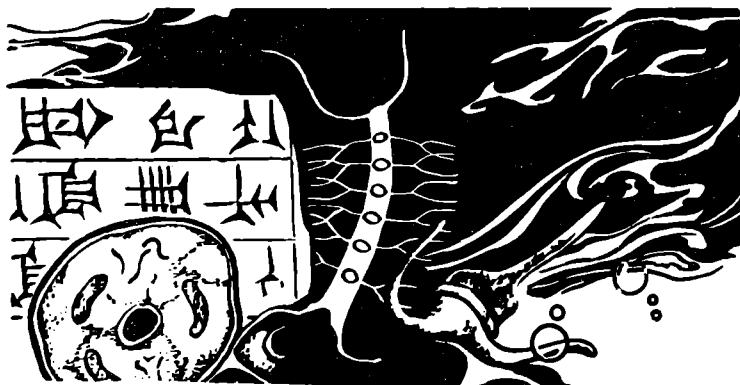
*жидкость» достаточно полно освещает основные, наиболее актуальные проблемы, связанные с водой (ее происхождение, физико-химические свойства, применение, охрана водных ресурсов и др.).*

*Книга несомненно представляет большой интерес для широкого круга читателей.*

И. В. ПЕТРЯНОВ,  
академик,  
лауреат Ленинской и Государственной премий СССР,  
Герой Социалистического Труда



**КОЛЫБЕЛЬ ЖИЗНИ**  
**САМОЕ ДРАГОЦЕННОЕ СОКРОВИЩЕ НА ЗЕМЛЕ**  
**ВОДА И РЕЛИГИЯ**  
**ОРИЕНТИР НА ЗЕМЛЕ И МЕРА ВРЕМЕНИ**  
**ВОДА В ЖИЗНИ СТРАН И НАРОДОВ**





**ЛЕГЕНДЫ  
И  
ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ**

# КОЛЫБЕЛЬ ЖИЗНИ

Вода — одно из самых удивительных веществ на Земле. Ей наша планета обязана возникновением и развитием жизни. Если Земля, по выражению К. Э. Циолковского, — колыбель человечества, то колыбель жизни на Земле, безусловно, океан.

Долгое и сложное развитие жизни, венцом которого явился человек, началось в океане, когда энергия Солнца впервые преобразовала растворенные в воде газы и продукты выветривания горных пород в протоплазму и живые клетки.

Мы не будем перелистывать все страницы книги о возникновении и развитии жизни, большая часть которой посвящена жизни в океане. Остановимся только на некоторых этапах ее эволюции.

Наукой установлено, что именно в воде возникли первые живые существа на нашей планете. Это были маленькие одноклеточные белковые комочки, плавающие по воле волн в океане. Они и стали началом, истоками жизни, от них идет процесс биологической эволюции, приведший к появлению высокоорганизованных существ, в том числе и Человека Разумного (*Homo sapiens*).

Возникновение и развитие жизни в океане началось с растений. Сначала белковые комочки для поддержания своей жизни научились потреблять из воды простые минеральные вещества, затем — создавать из них и все органические питательные вещества. Так было положено начало развитию царства растений. Такой ход эволюции подтверждается исследованиями ученых. Первые следы хлорофилла обнаружены, например, в морских осадках, которые существовали три с половиной миллиарда лет назад.

По мнению ученых, первичными растительными формами были жгутиковые. Это одна из групп древнейших, существующих и поныне организмов, стоящих на грани между растениями и животными. Именно некоторые типы жгутиковых дали начало двум главным эволюционным путям развития жизни: мира животных и мира растений.

Итак, на первых порах развитие животных и растений было связано только с океаном. Океан дал им жизнь. Океан вместе с тем подверг их суровым испытаниям. Приспосабливаясь к условиям жизни в океане, а также к харак-



теру своих соседей, живые организмы постепенно видоизменялись, совершенствовались. Многие из них эволюционировали в более крупные организмы, другие остались почти неизменными до наших дней — мы находим их среди микроскопических, по преимуществу морских организмов, именуемых планктоном. Зоопланктон (животные) кормится фитопланктоном (растения), а питанием фитопланктона служат остатки умершего планктона обоих видов и минеральные соли. В процессе обмена растительный планктон и развивающиеся из него более крупные водоросли, по мере того как они, размножаясь, заполняли прогреваемые солнцем поверхностные слои, производили все больше кислорода. Постепенно морские растительные организмы стали выделять столько кислорода, что он начал смешиваться с газами земной атмосферы. А спустя миллионы лет, когда в атмосфере накопилось достаточно кислорода, прибитые к берегу водоросли начали обзаводиться корнями и листьями, превращаясь в первые наземные растения.

В то время наряду с водорослями свой жизненный путь прокладывали также трилобиты и черви, медузы и губки, фораминиферы и кораллы. Летопись жизни утверждает, что 550 миллионов лет назад в кембрийских морях появились археоциаты — своеобразные губковидные организмы, имеющие большое сходство как с известковыми губками, так и с кораллами. Через 70 миллионов лет в Ордовикском море впервые появляются примитивные позвоночные животные, граптолиты, мшанки, бурно развиваются и некоторые группы беспозвоночных.

Еще примерно через 60 миллионов лет в водах силурийских водоемов (это подтверждают ископаемые останки) широко расселяются ракообразные скорпионы (некоторые из них в то время достигали в длину двух метров) и рыбоподобные бесчелюстные позвоночные. Последний тип животных, начиная от примитивных форм, непрерывно шел вперед в своем развитии.

В прибрежных водах океанов, богатых питательными веществами, условия для жизни были несравненно лучше, чем на суше. Только спустя миллионы лет, борясь за существование, животные и растения, развивавшиеся в воде, вышли на берег.

«Десантные части» для захвата суши подготавливались в силурийское время у морских побережий и в сильно опресненных прибрежных водах. Передовые отряды состояли

преимущественно из представителей растительного мира. Вслед за ними к завоеванию материков приступили животные — сначала насекомые, затем земноводные. Случилось это 350—400 миллионов лет назад, на границе силурийского и девонского периодов жизни нашей планеты. Однако понадобились еще сотни миллионов лет, чтобы содержание кислорода в воздухе стало почти таким же высоким, как сейчас, и появились первые организмы, оснащенные легкими. Возникли предпосылки для длительной эволюции, которая создала млекопитающих и в конечном счете человека. Человек — крона могучего генеалогического древа, все корни которого уходят в океан.

Расселившись по всей суше, ни растения, ни животные тем не менее так и не смогли порвать все связи с океаном. Одни из них продолжали жить в соленых или солоноватых водах, другие стали обитателями пресных водоемов, третьи предпочли поселиться на берегах рек и озер. А четвертые, практически потеряв связь с морями и океанами, все же оказались не в состоянии жить без него, ибо без воды — нет жизни, вода и жизнь — неразделимы. Поэтому, покидая океан, они «захватили» с собой часть его воды — одни больше, другие меньше... Известно, что все организмы — растительные и животные — состоят из мельчайших клеток. Каждая такая клетка окружена оболочкой, под которой заключен комочек живого вещества — протоплазмы, состоящей в основном из воды.

Итак, жизнь возникла в воде. В доказательство того, что все мы обязаны своим существованием нашей всеобщей материи — воде, мы носим ее в своих телах. Наша кровь, в которой растворено более тридцати разных минеральных веществ, по своему неорганическому составу настолько близка морской воде, что мы, пожалуй, не можем теперь больше называть последнюю просто водой.

Интересные данные приводит Реймон Фюрон в своей книге «Проблема воды на земном шаре». Он пишет, что взрослый человек на 65—70% состоит из воды. Если мы воспользуемся подсчетами другого французского ученого — Рэне Коля, оценившего общую массу всех людей в  $2 \cdot 10^{11}$  млрд. т, то можно легко определить, что только человечество взяло из океана — своей первой колыбели —  $14 \cdot 10^{10}$  млрд. т воды. Много это или мало? Можно однозначно ответить, что это очень много.

Вода играет большую роль в развитии, росте и физиологических функциях живого организма. Как же она рас-

пределена в организме человека? Прежде всего вода входит в состав всех его органов и тканей: в сердце, легких, почках ее около 80%, в костях — в среднем 30, зубной эмали — 0,3%. Много ее и в биологических жидкостях организма — слюне, желудочном соке, моче — 95—99%, крови — 83%.

Вода играет исключительно важную роль в жизненных процессах не только как обязательная составная часть всех клеток и тканей тела, но и как среда, в которой протекают все химические превращения, связанные с жизнедеятельностью организма.

Выпитая или поступившая с пищей вода всасывается в желудке, кишечнике, в ток крови и через нее распределяется по тканям организма. Только в жидкой водной среде совершаются процессы пищеварения и усвоения пищи в желудочно-кишечном тракте, идет синтез живого вещества в клетках организма.

Вода вымывает из клеток отработанные продукты обмена веществ, выносит их из организма главным образом через почки — с мочой или через кожу — с потом. Она выполняет также важную механическую роль, облегчая скольжение трущихся поверхностей (суставы, связки, мышцы и т. д.).

Вода играет ответственную роль и в регуляции температуры нашего тела.

Значение воды столь велико, что исключение ее из организма может привести к смерти уже через несколько дней.

## **САМОЕ ДРАГОЦЕННОЕ СОКРОВИЩЕ НА ЗЕМЛЕ**

Встретившись с водой с первого дня своего появления на свет, человек не мог прожить без нее. Вода нужна была ему и для приготовления пищи, и для многочисленных других житейских надобностей.

Подмечая отдельные свойства воды, видя ее огромное значение в природных процессах и в своей повседневной жизни, люди считали воду самым драгоценным сокровищем на земле.

Древние народы верили, что вода находится под божь-

ственной защитой. У вавилонян был специальный бог воды. У древних греков обязанности бога моря выполнял Посейдон, который топил неугодные ему суда и забирал в свое подводное царство провинившихся перед ним мореплавателей.

Интересны и библейские мифы о дочери фараона, которая нашла Моисея в колыбели, плавающей по Нилу. Из морской пены якобы родилась греческая богиня Афродита Анадиомена (вынырывающая). Считалась она богиней плодородия, а позднее — богиней красоты, очарования и любви.

Почитая воду, люди изображали ее на мегалитических памятниках в виде зигзагов и волнообразных линий. Такие знаки можно встретить, например, на росписях храмов Египта. На стенах храмов имеются причудливые изображения бога солнца Ра, плывущего в своей папирусной ладье по стилизованным волнам небесного и подземного Нила, чтобы каждое утро побеждать гигантского змея Апопа и дарить воду Нила растрескивающейся от засухи земле.

В Перу (примерно в 320 км от Аякучо, в сельве бассейна реки Апуримак) археологи обнаружили древние развалины сооружения из камней, на которых вырезаны фигуры странной формы, образующие своеобразный фонтан. К «фонтану» тянется множество каналов замысловатой формы, высеченных в камнях. Питаются каналы водой, низвергающейся бурным водопадом с большой высоты.

Перуанские археологи утверждают, что эти развалины представляют собой не что иное, как древний храм Бога воды.

Вода — это и символ бессмертия и плодородия.

В Древней Элладе бессмертными были только боги. Люди же все были смертны, и только некоторым из них, например Гераклу, боги даровали бессмертие за подвиги. Есть такая легенда, что боги в поисках бессмертия для своих протеже обращались... к воде. А богиня Фетида, чтобы обеспечить бессмертие своему любимому сыну Ахиллу и сделать его тело тверже железа, с младенчества натирала его амброзией, закаляла его в огне и погружала в воды Стикса — подземной реки царства мертвых.

Жители Шумера обозначали воду знаком «а», что значит «семя», «производитель»: ведь вода возрождала к жизни зерна прошлогоднего урожая, живительными дождями

сходила с неба и оплодотворяла землю. Одним из наиболее почитаемых у древних персов божеств была Анаит (Анахита) — божество оплодотворяющих вод.

С водой связано возникновение и развитие древних цивилизаций на Земле. Примером этого может служить образование в IV тысячелетии до нашей эры древнейших в мире государств: в долине Нила — Египта, а в двуречье Евфрата и Тигра — государства шумеров. Несколько позже возникли государства в долинах Инда в Индии и реки Хуанхэ в Китае. Здесь люди первыми перешли от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству: способствовали этому плодородные земли и вода. Правда, людям приходилось вкладывать огромный труд в постройку каналов и плотин для орошения полей и осушения болот. Однако увлажненная земля щедро вознаграждала их богатыми урожаями.

По свидетельству историков, большое внимание сооружению ирригационных систем уделяли в Вавилоне. Недавно в багдадском районе Карха при строительстве нового моста через реку Тигр землекопы обнаружили остатки величайшего сооружения вавилонской ирригационной системы. Плотина, выстроенная из битумного и асфальтового камня, сдерживала воды Тигра и поднимала их до специальных затворов, по которым вода попадала на небольшие акведуки, а затем — на поля и в сады, раскинувшиеся на западном берегу. Сохранились и стены каменной кладки, от которой отходит несколько ответвлений, врезающихся в реку. Большинство кирпичей стройки маркировано клеймом Навуходоносора II — вавилонского царя, автора многих строительных проектов, и в частности ирригационных сооружений, которые он возвел в Центральном и Северном Ираке в годы своего царствования (VI в. до н. э.).

Люди древности прославляли семь чудес света. Одним из них были висячие сады Семирамиды, которые зеленели два с половиной тысячелетия назад во дворце царя Навуходоносора. На кирпичных арках, напоминающих уступы гор, был насыпан слой плодородной земли и посажены величественные пальмы, деревья самых удивительных пород и прекрасные цветы. Издали казалось, что эти сады как бы висели в воздухе. Ключом к этому чуду опять же была вода, искусственное орошение. Для поливки висячих садов сотни рабов от зари до зари качали воду Евфрата, вращая огромные водоподъемные колеса...

На протяжении многих веков у людей сохранился жпвой интерес к воде, ее источникам, и не только к морям, рекам, озерам, ручьям, но и к колодцам.

Трудно сказать, в какой страпе или в каком районе земного шара был выкопан первый колодец, какой он был глубины. Но с уверенностью можно утверждать, что строительство колодцев всегда было нелегким делом, требующим большого искусства.

Умелые мастера строили колодцы и в широких пологих балках, и на высоких речных террасах полноводных рек, и в руслах давно пересохших ручьев предгорий. Глубина одних колодцев не превышала нескольких локтей, других — достигала двухсот метров. Но есть колодцы и еще глубже, в которых вода плещется на глубине 300 м.

В средней полосе России и особенно па Севере строили бревенчатые колодцы. Старые колодцы в среднерусских деревнях — сооружения особого типа: широкий, в два обхвата, древесный ствол, выступающий на метр-полтора из земли. Верх такого колодца покрывался также деревянным устройством, напоминающим самодельную колонку; с одного бока торчал рычаг, а с другого — наклонный желоб, влажный, с прозеленью по стенам.

Какой-то древний мастер, возводивший очередной свой колодец, видимо, подсмотрел, как пьют птицы: набрав немного воды в клюв, они высоко, почти до вертикального положения задирают голову, чтобы малая капелька соскальзывала по узкому горлу отвесно вниз, — и соорудил па сельской улице загадочное существо: длинношеюю деревянную птицу — журавль.

Деревянная птица помогает человеку добыть воду. Тихо курлыча, она будто сама вытаскивает серебристый груз — наполненное чистой студеной водой ведро. Журавль и своеобразный бессменный сторож при источнике, он свидетельствует о его чистоте: ведь птицы не слетаются к плохой воде.

На территории наших среднеазиатских республик, среди движущихся песчаных холмов — барханов, под лучами безжалостно палящего солнца, сжигающего все живое, вода была и остается самой жизнью, и люди относятся к ней с большим благоговением. Например, в Туркмении у многих крупных и мелких источников, расположенных в предгорьях и ущельях Копет-Дага, можно встретить аккуратные глинобитные домики с плоской крышей. Домики эти пожилые люди связывают с именем некогда жив-

шего где-то неподалеку святого или мудреца. Сейчас они стали местом отдыха охотников и чабапов, местом поклонения природе, своеобразным оазисом, выросшим у источника с чистой водой.

Удивительное чувство испытывает уставший путник, прибегая к гостеприимству таких домиков, расположенных у журчащих днем и ночью родников. Тут нет хозяина, но человек окружен вниманием и заботой. Он всегда найдет здесь спички и запас дров, чтобы вскипятить чайник, завернутые в чистое полотенце лепешки, соль и сахар. Одно здесь печалит путника — некому сказать спасибо за заботу. Уходя из этого уютного уголка, начинаешь понимать, что был у многих людей сразу, гостил у целого народа — мудрого и доброго, знающего цену воде.

А в Молдавии уже многие века существует такой обычай: если у тебя или в твоей семье произошло какое-нибудь знаменательное событие, отмечай его как хочешь, но не забудь и того, что завещано отцами и дедами, — пайди источник чистой и холодной воды. Сделай так, чтобы источником этим было удобно пользоваться и, главное, чтобы он был замечен издали. В самых разнообразных, зачастую далеких от селений местах можно встретить такие источники. До чего же они красивы и практично сделаны! Торчит из невысокой стены, выложенной из котельца — местного известнякового камня, — железная трубка, по которой непрерывно стекает вода в каменный бассейн, тут же в специальной нише стоит алюминиевая или деревянная кружка, а рядом — каменный столб или крест. Такие источники не только охраняются и певедомо кем ремонтируются, но и носят имена тех, кто открыл здесь воду и с такой любовью и умением оформил этот источник. Эти имена также переходят из поколения в поколение.

Отдавая должные почести воде, в Мексике в древние времена между пирамидами Луны и Солнца построили храм бабочек. Бабочки всегда прилетают к воде, поэтому в представлениях древних индейских племен, некогда населявших Мексику, бабочки были ее символом.

Сменялись эпохи, разрастались государства, менялось сознание людей... Но неизменным оставалось их особое чувство к воде, особое к ней внимание, как к самому драгоценному сокровищу на Земле.

# ВОДА И РЕЛИГИЯ

На протяжении многих веков человек был беспомощным перед таинственными силами природы. В сущности, до недавнего времени люди и не пытались ей противостоять. Они либо приспосабливались к ней, либо защищались от нее. Не случайно в верованиях различных народов природа наделяется особой мудростью, как некое божество. А обожествляется лишь то, с чем нет сил совладать.

Религия постоянно внушала человеку, что он не в состоянии что-либо сделать и изменить в этом мире. В природе все гармонично и все — от бога. В «Екклесиасте» сказано: «Познал я, что все, что делает бог, пребывает вовек; к тому нечего прибавить и от того нечего убавить».

Особые чувства вызывала у людей водная стихия. Человек поражался внезапно обрушивающимися потоками проливного дождя, переполняющими реки, его потрясало зрелище паводка. На одной из пирамид VI династии фараонов есть надпись, которая гласит: «Трепещут те, кто видит Гапи (реку Нил), когда несутся его воды, но поля смеются, берега расцветают, дары богов спускаются с небес, люди поклоняются ему, сердца богов полны радости».

Наблюдая за водной стихией, люди часто задумывались о своем бытии, размышляли о величии окружающей их природы, но, не умея объяснить отдельные факты, спешили наделять воду чудодейственными свойствами, обожествляли некоторые ее источники.

Важным у древних народов считалось отыскание пригодной для питья воды. Этим, как правило, занимались святые отцы. Согласно библейской легенде, пророк Моисей ударил жезлом в скалу Хороб и оттуда хлынула вода. Французский гидролог Р. Фюрон по этому поводу шутливо заметил, что ни один геолог не смог повторить это «чудо».

Об умении отыскивать воду свидетельствует и пример Макария — основателя Унженского монастыря близ Костромы. Макарий поселился в 1439 году на высоком безводном холме над рекой Унжей. Вблизи этого места было «суходолие, сходящее к реке на южную страну, в нем ниже следу текущая вода». Макарий сошел вниз и начал копать землю, «и се абие идеже выкопа, проторжеся земля и воскипе отвнуत्रь земли источник чист сладкий живых скачущих вод». Так был открыт ключ, существующий и по настоящее время. Здесь был устроен колодец.



Священнодействия и праздники, связанные с водой, сохранялись у людей на протяжении тысячелетий; многие бытуют и поныне.

Широко известны религиозные обряды крещения в речной воде. Для поворожденных они замепяются (в православной церкви) опусканием в купель с произнесением соответствующих молитв и заклинаний (дунь, плюнь и т. д.) от «дурного глаза». В Западной Европе крещение осуществляется в специальных сооружениях — баптистериях. Нетрудно себе представить, как вредно и опасно для здоровья младенцев такое погружение в недостаточно теплую воду, подчас в холодном церковном помещении, не говоря уже о том, что опускание нескольких ребят в одну и ту же купель может повлечь за собой заражение их различными болезнями.

В праздник крещения осуществлялся пышный обряд водосвятия. Процессия церковников и верующих в зимнюю крещенскую стужу шла к проруби и совершала обряд торжественного богослужения с опусканием креста в прорубь. Вода в такой проруби (богоявленская вода) считалась особо святой и целебной. Среди толпы нередко находились любители, которые, несмотря на крещенские морозы, пыряли в воду, надеясь подобным образом набрать в себя побольше святости. Как правило, такие смельчаки платились здоровьем после приема холодной водянй ванны.

Особым почетом у верующих пользуется так называемая «святая» вода, представляющая собой обычную воду, над которой произносится соответствующая молитва. Резервуары или естественные источники в этом случае объявляются чудодейственными, а вода — будто бы исцеляющей от различных недугов и болезней. Достаточно выпить такую воду или покропить (побрызгать) на больного, и он будет исцелен. «Святую» воду церковники используют и для окропления полей во время молебнов по поводу прекращения засухи, и для окропления помещений при новоселье и т. д.

В некоторых странах «святая» вода изготавливается для массового употребления. В храмах она паливается в большие, обычно гранитные чаши близ входа.

Молящиеся, придя в церковь, считают своим долгом окунуть пальцы в «святую» воду и затем притронуться ими к губам, лбу, щекам. Наблюдая подобную картину, нельзя не поражаться не только суеверию таких людей,

но и отсутствию у них брезгливости. Как можно опускать, да еще с благоговением, свои пальцы в чашу, где побывали сотни чужих рук, а потом прикасаться к губам?..

Служители религии издавна широко используют в своих целях не только источники пресной воды, но и минеральной, совершая при этом различные религиозные обряды. В царской России большой славой пользовался «чудодейственный» источник — Саровская пустынь (источник близ Арзамаса, Горьковская область). Он привлекал огромное количество паломников. При исследовании учеными воды этого «чудодейственного» источника оказалось, что это обыкновенный минеральный источник с гипсовой водой.

Обожествление различных источников особенно распространено за рубежом. Еще сегодня многие французские минеральные источники носят имена святых. В гроте у лурдского источника происходят непрерывные моления, привлекающие сотни тысяч верующих. Здесь учреждено даже специальное бюро, регистрирующее случаи «чудесного» исцеления, собирающее костыли выздоровевших, а попутно также и большие доходы, приносимые верующими.

Сегодня все еще существует и великое множество различных «святых» колодцев, «глазных» источников. Христиане, например, наделили сверхъестественной целебной силой Силоамскую купель — пруд в древнем Иерусалиме, питаемый солоноватым источником, в котором якобы Иисус исцелил слепого. Подобных источников, которые будто бы помогают от глазных болезней, было много и в царской России.

Такие «святые» источники и колодцы зачастую превращаются из-за несоблюдения простейших гигиенических правил в рассадники разного рода заболеваний. Нередки и случаи, когда «святые» колодцы не только не помогают больным, но приводят к печальным результатам.

Сказочных легенд и всевозможных слухов о «чудесных» исцелениях водами «святых» источников очень много. Но надо сказать, что все эти «чудеса» подчас являются плодом искусного надувательства и шарлатанства в целях выманивания сбережений у темных и доверчивых обывателей. Правда, имели место отдельные случаи, единичные факты быстрого излечения того или иного больного. Происходило это, как правило, лишь тогда, когда болезнь возникала на нервной почве. Больные выздоравливали

благодаря огромному внутреннему напряжению и подъему, которые создавались надеждой на исцеление, убеждением в том, что оно действительно наступит. Подобные случаи, как показала медицинская практика, происходят и без всяких «чудес» и заклинаний: многие первобольные выздоравливают под влиянием душевных потрясений, глубоких переживаний; значительное количество людей в наше время лечат внушением, гипнозом.

Однако бывает и так, что у «святых» источников первобольные не поправляются, а заболели еще сильнее. Если же говорить о всех иных, не связанных с нарушением нервной деятельности болезнях, то никогда и нигде никаких «исцелений» под влиянием религиозного самовнушения не происходило и происходить не могло. Научные исследования показывают полную несостоятельность поверий и легенд о «святых» источниках и колодцах, чудодейственном их влиянии и т. д. Место слепой веры занимает знание. А научно обоснованное лечение неуклонно вытесняет невежественное знахарство различных «чудодеев».

Сегодня для лечения той или иной болезни не только используют воды целебных источников, но и искусственно воспроизводят воды многих источников, удивительное действие которых еще совсем недавно приписывалось божественной силе. Успешно, например, воспроизводится состав мацестинской воды. Ванны, принимаемые больными из такой воды, мало чем отличаются от натуральных и воздействуют на больного весьма эффективно. Кроме искусственной Мацесты и шлаковых вод, теперь готовятся и искусственные радиоактивные воды любой крепости. Многим больным ныне не требуется ездить на курорт, ибо все необходимое для лечения организуется в городах, где они живут.

Знание точного состава воды минеральных источников, создание искусственных минеральных вод, по своему воздействию на организм человека не отличающихся от натуральных,— все это разоблачает истинную суть «святых» источников, развеивает миф о силе их влияния на человека.

# ОРИЕНТИР НА ЗЕМЛЕ И МЕРА ВРЕМЕНИ

Издавна на Руси едва ли не главным ориентиром на земле была... вода. «Реки,— писал С. Соловьев в первом томе своей «Истории»,— много содействовали единству народному и государственному, особые речные системы определяли вначале особые системы областей, княжеств».

Эта же мысль подчеркивается и в одном из ранних географических описаний Московского государства под названием «Книга Большому Чертежу». Ее издатель Николай Новиков так озаглавил это сочинение: «Древняя Российская Идрография, содержащая описание Московского государства рек, протоков, озер, кладязей и какие по ним города и урочища, и на каком оныя разстоянии...»

«А ниже Студеного кладязя река Уды,— писал старинный географ,— а от Студеного с версту». «А ниже Салтановского кладязя на Донце городище Салтановское, от кладязя на версту». Таков был рабочий метод: местом отсчета делались источники питьевой воды или водные русла.

«О светло светлая и украсно украшена земля Руськая! И многими красотами удивлена еси: озерами многими удивлена еси, реками и кладязьми местночестными, горами крутыми, холмами высокими, дубравами чистыми, полями дивными, зверьми различными, птицами бесчисленными, города великими, селы дивными...» Эти строки звучали как похвала родной стороне.

Писатель Киевской Руси, начиная «лепить» панораму целой страны, в первую очередь упоминает водные ориентиры, а уже за ними, следующим планом, очерчена волнистая земля, отраженная в этих водах,— холмы, долины, поля...

Взяв в руки буквально любую книгу древних времен — будь то художественное произведение, географическое описание или, наконец, философский трактат,— мы найдем в ней не только прозаические и стихотворные строчки, воспевающие воду, но и пословицы, заповеди, поговорки, посвященные воде. О ней обязательно упоминается и в описаниях того или иного края, губернии. Как правило, красноречивые повествования начинали с оценки водных богатств данного населенного пункта. Сразу после

названия города или села сообщалось, что этот город или село расположены при такой-то реке, при таком-то озере или же «при прудах», «при прудах и колодцах», просто «при колодцах», а то и «при безымянном ручье» или «при ключевом овраге». И лишь после этого краевед рассказывал и другие подробности, в том числе упоминал о расстоянии до уездного города, о количестве дворов, душ, наделов, о качестве земель, о местных промыслах, давал этнографические зарисовки, приводил легенды, связанные с той или иной местностью.

В краседческих и других книгах, посвященных отдельным городам, уездам и губерниям, обычно содержатся не только практические характеристики водных ресурсов, не только оценка вкусовых свойств воды из той или иной реки, озера. Здесь же и описания различных преданий о местных источниках, и рассказ о самых архаичных по конструкции колодцах.

Вода являлась и мерой времени.

Медленно, каплями сочится вода из отверстий в дне золоченой чаши и наполняет другой сосуд с горизонтальными полосами — метками. Вот вода достигла верхней черты. Отсчитана еще одна единица времени. Так по скорости истечения воды определяли время на протяжении многих столетий.

Клепсидра (по-гречески — «похитительница воды») считала время еще во втором тысячелетии до нашей эры и в Индии, и в Китае, и в Египте. Потом она стала известна жителям стран восточного Средиземноморья, перекочевала в Грецию, а оттуда — в Рим. Ораторы в римских судах выступали, поглядывая на клепсидру: дабы не давать пикому из тяжущихся преимущества, истцу и ответчику отводили времени поровну.

У воинов клепсидра беспристрастно и точно отмечала время караулов. В период сражений карфагеняне широко пользовались «водяным телеграфом», передавая по нему приказы. В книге греческого писателя Энея «Тактика об осаде городов» рассказывается о «телеграфных клепсидах», у которых на палочках было 24 деления — по числу букв алфавита.

Клепсидра была штурманским прибором на кораблях, плавающих по Великому Морю Заката, как именовали тогда Средиземное море. Ее брал с собой в Британию Юлий Цезарь и благодаря ей заметил, что летом на острове дни длиннее, чем на материке, в Галлии.

Философ Секст Эмпирик (II в. н. э.) писал, что именно с помощью водяных часов древние обозначили граици двенадцати созвездий Зодиака. Они разделили воду, вытекающую из клепсидры за сутки, на 12 частей, а потом смотрели, какие звезды проходят через полуденную линию в тот момент, когда из сосуда вытекала каждая такая часть.

Знаменитый для своего времени механик Ктесибий (II—I в. до н. э.) создал клепсидру с «вечным» заводом, с календарем на весь год и указателем часов. Такие часы имели удивительную даже для нашего времени конструкцию. Подходя к ним, вы сразу видели, идут они или нет: если грустный маленький амур ронял капельки слез в стоящую перед ним чашу, значит, часы в полном порядке. Циферблат часов представлял собой высокий цилиндр, испещренный линиями. Его поверхность была разделена вертикальными черточками на 365 частей, по числу дней года. Извилистые горизонтальные линии — это линии часов: от восхода до заката ровно 12, и столько же от заката до восхода. Но длина дня и ночи в течение года меняется, линии «знают» об этом, вот потому они и извилисты.

Стрелка часов — указка в руке другого, веселого, амура, стоящего на дельфине. По мере того как течет время, слезы его печального собрата заполняют сосуд с поплавком, и амур-указатель поднимается все выше и выше, показывая время. Когда сутки кончаются, трубка-сифон опорожняет сосуд, в котором плавает дельфин, и счет времени начинается снова. Вылившаяся вода вращает лопасти колеса и через систему зубчаток поворачивает цилиндр на  $1/365$  окружности. Начинается новый день. И так круглый год.

Отдал должное конструированию клепсидр и великий Архимед: его водяные часы с механическими передачами показывали не только время, но и движение Солнца, Луны и других планет.

Оригинальные водяные часы с боем изготовляли арабские механики: каждый час в звонкую чашу падали шарики — по числу прошедших часов. На круглом циферблате, очень похожем на нынешний, стрелка показывала время, а из открывавшихся окошечек каждый час выходили рыцари.

Леонардо да Винчи предложил любопытную конструкцию водяного будильника: он представлял собой коромысло весов с двумя чашами, соединенными трубкой. Одну

из них наполняли перед сном водой, в другую капала вода из клепсидры. «Это часы для тех, кто бережет свое время», — говорил Леонардо да Винчи. Действовали эти часы следующим образом: когда из клепсидры натекало столько воды, сколько помещалось в противоположной чаше весов, то последняя, поднимаясь, изливала свою воду в первый сосуд, который, вследствие того что его вес удвоился, с силой поднимал ноги спящего. Он просыпался и отправлялся по делам.

Клепсидры явились основой и для развития гидравлики как науки. Мастера, изготавливавшие различные гидравлические инструменты, пуждались в точных формулах для расчета разнообразных сосудов. «Как добиться того, чтобы вода истекла равномерно?» — этим вопросом занимался знаменитый Бернулли, выдающийся физик и математик своего времени. Одна из присужденных ему многочисленных премий Французской академии наук была за работу о клепсидре; это была первая часть целой серии работ, составивших его «Гидродинамику» — капитальный труд по теории движения жидкости, формулами которой пользуются и по сей день.

Клепсидры, несмотря на свою исключительную простоту, оказались весьма надежными и универсальными приборами. Они послужили прообразами и многих гидравлических приборов, применяемых сегодня в науке и технике.

## **ВОДА В ЖИЗНИ СТРАН И НАРОДОВ**

Вода всегда играла и продолжает играть огромную роль в жизни стран и народов. Много различных событий, имевших историческое значение для народов и государств, происходило на морях, реках и озерах. Они служили и служат водными дорогами, были и остаются главным природным фактором, определявшим местоположение стран и городов. Рост и экономическое развитие многих государств были также обусловлены их исключительно удачным расположением на водных путях.

На побережьях морей, в руслах рек создавались и создаются мосты и различного рода гидротехнические сооружения, которые прославились как шедевры инженерно-строительного искусства.

Известно, что в первых числах ноября 1966 года на итальянские провинции Тоскану и Венецию обрушилось невиданное наводнение. Оно привело не только к большим человеческим жертвам, но и вызвало колоссальные разрушения — погибли музеи, картинные галереи, библиотеки. И вот сегодня, когда ученые и инженеры многих стран работают над проблемой предотвращения подобной катастрофы в будущем, был неожиданно обнаружен план спасения Флоренции... 450-летней давности. Этот план был разработан гениальным итальянским художником, ученым и инженером, одним из виднейших представителей искусства и науки эпохи Возрождения Леонардо да Винчи.

Планом предусматривалось сооружение в горах большого водохранилища, а на реках Арно и Сиевре — нескольких плотин со шлюзами. Именно вышедшие из русел воды этих рек и послужили причиной катастрофы 1966 года.

Сеть каналов должна была соединить искусственное водохранилище в горах с Тразименским озером и рекой Тибром. Другой канал должен был связать Флоренцию со средиземноморским портом Ливорно.

Грандиозный проект Леонардо да Винчи так и не был осуществлен. Сейчас, как полагают ученые, он будет положен в основу строительства гидросооружений для защиты от наводнений городов Италии...

Водные бассейны были и тем местом, где нередко происходили кровавые битвы, в которых народы защищали свои страны от нашествия чужеземных захватчиков. Свидетелями многих героических и славных событий были реки нашей родины. Вот только некоторые исторические сражения, о которых советский народ неизменно хранит память.

На берегах Невы 15 июля 1240 года новгородский князь Александр Ярославич разбил шведов.

11 августа 1378 года русская рать под командованием московского князя Дмитрия Донского в битве на берегах реки Вожи, что на рязанской земле, разгромила войска монголо-татар. Полный их разгром был завершен на Куликовом поле. Русские гнали тогда противника до реки Красивой Мечи.

Известным в отечественной истории «стоянием на Угре» — военными действиями русских войск против Золотой Орды в 1480 году на Оке и притоке ее Угре — завершилась борьба нашего народа с монголо-татарами.



Позднее, в Петровскую и послепетровские эпохи, вошли в историю сражения русских войск на Неве (взятие в 1702 году Нотебурга-Шлиссельбурга), на Нарве и Соже у Лесной (разгром Петром шведов 28 сентября 1708 года), на Ворскле (Полтавская битва 27 июня 1709 года), на Дону при взятии Азова. О Ворскле у украинцев сложилась поговорка: «Ричка невеличка, здавна дуже славна не во-дою, а войною, де швед полиг головою».

Берега Днепра, Березины и других рек России были ареной военных действий во время кампании 1812 года. К 22 августа этого года русская армия, сосредоточенная в районе села Бородино, заняла оборонительную позицию за рекой Колочей и примкнула правым флангом к реке Москве. В ходе бородинского сражения реку Колочу форсировали русские и французские войска. Последние к концу боя вынуждены были опять отойти на ее левый берег.

В первую мировую войну ряд крупных сражений на русско-германском и русско-австрийском фронтах происходил на берегах западных рек России. Бои на реке Гнилой Липе в августе 1914 года и на реке Стоход в 1916 году вошли в историю военного искусства. Они закончились разгромом австрийцев; русские войска взяли города Галич и Львов.

В летопись Великой Отечественной войны навеки записаны грандиозные сражения на берегах Западного Буга, Западной Двины, Днепра, Волхова, Дона, Молочной и Днестра. Небывалая в истории человечества битва на берегах Волги длилась более полугода и окончилась полным разгромом немецко-фашистских войск у Сталинграда.

Черное, Балтийское и Северное моря также были ареной жесточайших сражений советского народа с фашистскими ордами в годы Великой Отечественной войны. Смелые внезапные десанты с моря при освобождении таких городов-героев, как Севастополь, Керчь, Новороссийск, Одесса, навсегда останутся в нашей памяти.

Знаменитое Ладожское озеро, покрытое в зимние месяцы льдом, было единственной магистралью, питавшей в 1941—1943 годы Ленинград и Ленинградский фронт продовольствием, горючим, боеприпасами... «Дорога жизни» — так была названа в годы Великой Отечественной войны эта ледовая трасса...

В истории человечества немало страниц, повествующих

о том, что и сама вода, и ее источники служили причиной жестоких распрей, вооруженных столкновений и дипломатических конфликтов. Шумерские клинописные глиняные таблицы, датируемые 2400 годом до нашей эры, являются как бы первым упоминанием об этом. Почти четыре с половиной тысячи лет назад два шумерских города — Умма и Лагаш, которые совместно использовали для орошения своих полей воды Евфрата, не смогли договориться мирным путем об их справедливом распределении и вступили в борьбу.

Шли годы, и список конфликтов, вооруженных столкновений из-за воды все больше и больше расширялся. Нередко борьба за овладение водными ресурсами не только носила межплеменной характер, но и приводила к жесточайшим войнам между странами; эти войны сопровождались, как правило, большими разрушениями и многочисленными человеческими жертвами. И даже в наше время пресная вода не перестает служить яблоком раздора между отдельными государствами.

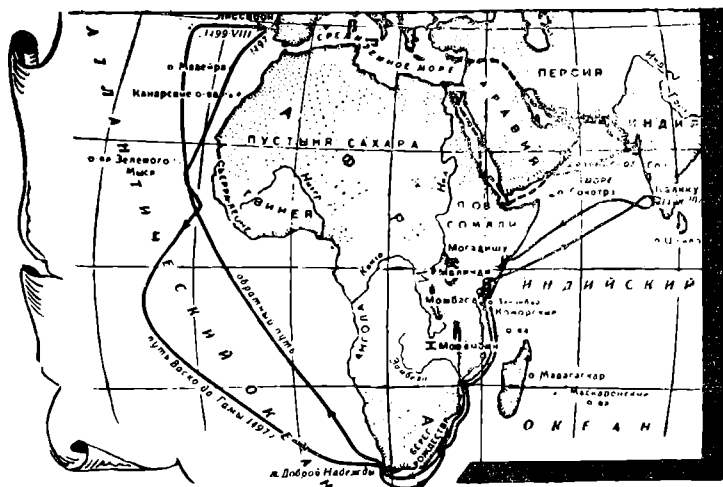
Так, долгое время между США и Мексикой существовали трения из-за сбрасывания в реку Колорадо соленых вод в штатах Калифорния и Аризона (США). В результате такого сброса вода в реке на одном из участков территории Мексики имела солоноватый привкус. И только строительство канала для сброса соленых вод в Калифорнийский залив позволило ликвидировать причину многолетних трений между двумя странами.

Известно немало случаев борьбы и между отдельными штатами в Америке за обладание водными бассейнами. Показательна, в частности, история вооруженной борьбы между штатами Калифорния и Аризона за воды реки Колорадо.

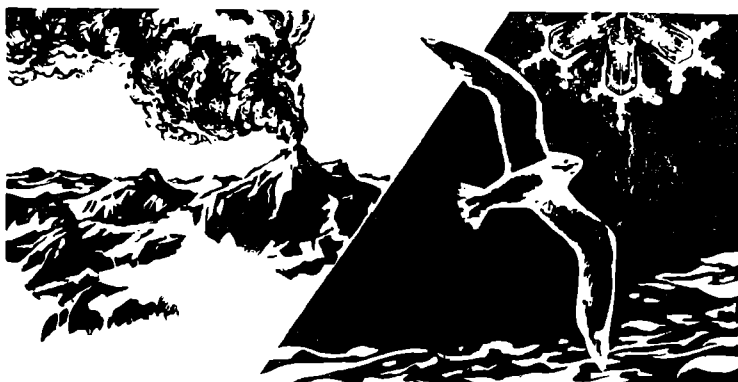
Можно привести в качестве примера и такие случаи, когда спорные вопросы, связанные с распределением воды между государствами, решались мирным путем, на основе доброго согласия и взаимной выгоды. Мирно был решен вопрос между Ираном и Россией. По соглашению, которое было заключено 27 мая 1893 года в Тегеране, селение Фирюза, находящееся в 40 км западнее Ашхабада, в одном из красивейших горных ущелий, где протекает быстрый ручей, было передано России. В качестве компенсации к Ирану отошел Хисар в Атехском приставстве (южнее Каахка). Взаимные уступки двух соседних государств, благожелательность двух народов в вопросах распределения

водных источников сослужили добрую службу. В результате в выгоде остались народы обеих стран.

Добрая традиция мирного разрешения спорных вопросов, связанных с использованием водных ресурсов, между Ираном и Россией сохранилась на протяжении многих десятилетий. И сегодня все вопросы распределения воды пограничных рек, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, укрощения паводковых вод решаются совместными усилиями при учете интересов народов обоих государств.



**СКОЛЬКО ВОДЫ НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ!  
СКОЛЬКО ВОДЫ УТЕКЛО!  
ОЗЕРО ТАНЦУЮЩИХ ХАРИУСОВ  
И ДОЖДЬ, И СНЕГ, И ЛЕД  
МОРЯ, РЕКИ И ОЗЕРА ПОД НАМИ  
ОТКУДА НА ЗЕМЛЕ ПОЯВИЛАСЬ ВОДА!  
ИМЕЕТ ЛИ ВОДА ВОЗРАСТ!**





# ПЛАНЕТА ОКЕАН

# СКОЛЬКО ВОДЫ НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ?

Мы, живущие на Земле, часто поражаемся бесконечной степью, шагнувшей за горизонт, безбрежными лесами или гранитными уступами гор, поднявшихся до самых облаков, и забываем о том, что почти семьдесят пять процентов поверхности планеты занято водой. Таким образом, главное на земном шаре не суша, а бескрайний океан, его омывающий. Это моря, реки, тихие озера, водохранилища и совсем крохотные сельские пруды. Лишь небольшая часть планеты оставлена под «земную твердь».

С течением времени представление о нашей планете менялось.

Древние вавилоняне думали, что Земля — это огромная гора, окруженная со всех сторон морем. Древние греки считали Землю диском, омываемым водами океана. Их поэтическое представление о нашей планете отражено в «Одиссее» и «Илиаде» Гомера.

А вот что писал о нашей планете древнегреческий географ Страбон: «О том, что обширный мир является островом, можно заключить из наших чувств и из опыта. Ведь повсюду, где только человек может достичь предела земли, находится море; и это море мы называем океаном».

Данные представления имели место тогда, когда не все земли и моря нашей планеты были открыты и исследованы, когда еще не существовало подробных их описаний и карт.

Шли годы... Люди разных стран стали больше общаться между собой. Появились первые карты, а на них и очертания континентов и островов. Под парусами отправлялись корабли в «заморские» страны. Известны и путешествие Васко да Гамы вокруг Африки в Индию, и первое кругосветное плавание Фернана Магеллана, и поход Семена Дежнева из Северного Ледовитого океана в Тихий, и знаменитые экспедиции в южные моря Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева. Исследования русскими и советскими учеными северных районов, многочисленные экспедиции в Индию, Цейлон, Австралию, Африку, Северную и Южную Америку, успехи географической науки значительно сократили на нашей планете количество неизведанных уголков. Ныне открыто уже большинство остро-

вов, разбросанных в Мировом океане. Покорены многие горные вершины. Исследованы пустыни. Ушли в прошлое и различного рода легенды о нашей планете. Однако увидеть разом ее всю людям впервые удалось лишь в наши дни, когда советский спутник «Молния-1» передал на Землю ее первый «поясной портрет», на котором отчетливо можно было видеть загадочную страну, занимающую три четверти поверхности земного шара. Страну, которая по праву могла бы дать имя нашей планете — планета Океан, потому что вся суша, все материки, по сути, — острова в безбрежном океанском просторе.

Космонавты, возвращающиеся на Землю после космического полета, рассказывают, что они испытывают такое ощущение, будто совершают посадку не на сушу, а на планету Вода. Хотя это и звучит непривычно, но справедливо. В самом деле, как еще именовать небесное тело, почти на три четверти залитое морями и окутанное оболочкой, обильно пропитанной водой?..

Сколько же на нашей планете воды?

Общий объем ее на Земле составляет около 1 500 000 000 км<sup>3</sup>. Если эту воду равномерно распределить на поверхности Земли, то ее слой составил бы 3795 м — почти четыре километра.

Большая часть воды (около 97%) находится в океанах и морях и лишь 3% — на континентах.

Вода на Земле распределена неравномерно, а поэтому определить ее количество во многих случаях можно только приблизительно. С наибольшей точностью установлено количество воды в Мировом океане. В конце XIX века считалось, например, что площадь суши в 2,6 раза меньше, чем площадь океана. Позже эта цифра была слегка уточнена: вместо 2,6 стало 2,43. Объем воды в океане в настоящее время оценивается в 1 370 000 000 км<sup>3</sup>.

Труднее всего оценить количество воды в твердом состоянии. Изучение ледников на Земле началось более ста лет назад. Но указать, сколько льда сейчас на земном шаре, а тем более определить количество воды, которое можно получить из него, можно, лишь сделав ошибку на 100%.

Хотя воды на Земле очень много, запасы пресной воды на ней не так уж велики: в реках и озерах земного шара содержится примерно 400 000 км<sup>3</sup> пресной воды. Самое большое количество ее мертвым ледяным щитом покрывает Антарктиду: вспомним, что этот щит включает около 25 млн. км<sup>3</sup> воды. Представим себе на минуту, что

произошло бы, если бы растаяла эта гигантская антарктическая глыба, площадь которой 3 млн. км<sup>2</sup> при максимальной толщине в 4 км. Уровень воды океана поднялся бы на 40 метров! Под многометровым слоем воды оказались бы многие крупнейшие города мира.

Значительное количество воды содержится и в земной коре (подземные воды). Общие запасы подземных вод составляют примерно 8 млн. км<sup>3</sup>.

Вода на Земле находится в постоянном движении; она все время расходуется и восстанавливается в процессе круговорота на земном шаре.

С поверхности морей и океанов идет непрерывное испарение воды. В результате такого испарения образуются мощные потоки гонимых ветром туч и облаков, энергия которых в вечном круговороте природы преобразуется в ливни, ручейки, реки.

Моря и океаны, согреты солнцем, ежегодно отдают в атмосферу в виде водяного пара почти 1/300 часть общего объема всей воды на Земле. Над материками конденсируется приблизительно 1/10 часть испаренной воды.

Довольно точно, с ошибкой меньше одного процента, можно подсчитать объем воды в атмосфере: в каждый момент времени в ней находится около 13 000 км<sup>3</sup> воды. Если бы атмосферная вода вдруг стала жидкостью и равномерно растеклась по поверхности Земли, то слой осадков составил бы всего 24 мм.

Таковы приблизительные данные о количестве воды на земном шаре. А почему приблизительные? Дело в том, что подсчеты возможны только на периоды, в достаточной мере длительные. Изменения же климата, метеорологических условий могут быть причиной больших ошибок. Даже количество воды в реках, озерах и болотах можно оценить только приблизительно.

Крупный французский специалист в области изучения гидроресурсов, генеральный секретарь Национальной ассоциации по охране вод Рэне Коля предложил образно представить общее количество воды, которым располагает ежегодно человечество, в следующем виде.

Если мы земной шар сведем к шару диаметром в 10 м, то в этом масштабе:

- воды океанов составят бассейн объемом в 225 л;
- полярные льды растопятся в пятилитровом сосуде;
- пресные поверхностные воды континентов вместятся в бутылку из-под минеральной воды;



— подземные воды, которые человек использует в течение года, поместятся в небольшом стаканчике;

— что же касается всего населения, то, если его собрать в одном месте, оно не займет даже площади копеечной монеты.

Ученые подсчитали и вес воды, имеющейся на нашей планете. Он выражается весьма астрономической цифрой — 2 000 000 000 млн. т. Учитывается вся вода: вода рек, морей, океанов, вода в виде пара в атмосфере и в виде льда, вода, находящаяся в различных агрегатных состояниях, содержащаяся в твердой оболочке Земли и, наконец, сосредоточенная в биологических объектах.

## СКОЛЬКО ВОДЫ УТЕКЛО?

Кто из вас, встретив после долгой разлуки старого друга и предаваясь воспоминаниям, не говаривал глубокомысленно: «Сколько воды утекло?!» Прямо не ответив на ваш возглас, ваш приятель также задумчиво и многозначительно изрекал: «Да, много, много воды утекло».

Эти на первый взгляд шуточные вопрос и ответ, которыми вы обменялись при встрече с другом, между тем имеют и серьезное практическое значение, если, конечно, с научной точки зрения вопрос будет поставлен более правильно, то есть если будет названа река (или реки), а также место (пункт) на этой реке, для которого необходимо рассчитать речной сток в определенный отрезок времени.

Сегодня существует целая наука о речном стоке. С помощью расчетов по определенной методологии можно получить точные цифры, которые будут характеризовать объем утекшей из реки воды.

Сотни тысяч больших и малых рек сплели причудливый голубой узор на земле. Только на территории нашей страны протекает свыше 2 870 000 рек длиной более 0,5—1 км. Волга, Печора, Северная Двина, Днепр и Кама являются крупнейшими реками Европы. Енисей, Обь, Лена и Амур — величайшие реки Азии.

А сколько других рек, больших и малых, пересекают страну во всех направлениях!

Из крупнейших рек только Волга, Днепр и Кама несут свои воды на юг страны, к Черному и Каспийскому морям. А почти все остальные — их тысячи — впадают в моря

Северного Ледовитого океана. Енисей, Обь, Лена и Амур выносят 44% воды, стекающей в океан с территории СССР. По подсчетам ученых, более четырех пятых всего стока наших рек направлено на север и лишь одна пятая — на юг.

На европейской части СССР, где концентрируется около 70% населения страны, находится 23% водных ресурсов рек ( $1059 \text{ км}^3$ ).

Суммарная величина стока рек нашей страны составляет  $4714 \text{ км}^3$  в год. Из них  $4384 \text{ км}^3$  формируется на территории СССР,  $330 \text{ км}^3$  (7%) притекает из сопредельных стран. За пределы СССР, в зарубежные государства, реки выносят около 1% суммарного стока. В среднем на всей территории нашей страны с  $1 \text{ км}^2$  площади стекает  $6,3 \text{ л/сек}$ , или  $198\,000 \text{ м}^3$  в год.

Несмотря на сравнительно большую величину суммарного стока рек СССР и его относительное постоянство, распределение его по территории и во времени крайне неравномерно. В Советском Союзе имеются районы как избыточно увлажненные, так и засушливые, маловодные.

Более четверти территории СССР (27%) расположено в зоне недостаточного увлажнения. К ней относятся юг Украины и Молдавии, Приазовье, Сальские степи, Заповжье, Прикаспийская низменность, большая часть областей равнинного Казахстана, юг Западной Сибири, центральная часть Якутии, юг Забайкалья, Туркмения и некоторые другие районы Средней Азии. На эти районы приходится лишь 2% водных ресурсов рек СССР. Средняя удельная величина водных ресурсов рек в засушливой зоне менее  $2 \text{ л/сек}$  с  $1 \text{ км}^2$  площади, а в пустынных районах Средней Азии она падает до  $0,1 \text{ л/сек}$  и менее.

Наиболее богаты водой северо-западные и дальневосточные области Российской Федерации, а также горные районы Таджикской, Киргизской и Грузинской ССР. Достаточно обводнены также Эстонская и Латвийская ССР.

Водоносность наших рек колеблется от года к году в зависимости от особенностей распределения воздушных течений, приносящих влагу. Вследствие колебания стока рек значительные территории, обычно достаточно обеспеченные водой, в отдельные годы, а иногда и в течение ряда маловодных лет, могут иметь дефицит воды. В другие же годы водоносность рек, наоборот, может быть более высокой по сравнению со средней. В зонах избыточно увлажненных и влажных стоков рек в многоводные годы составля-

ет 130—150%, а в маловодные — 60—70% средней его величины. В засушливых районах в многоводные годы сток повышается до 300—400%, а в маловодные падает до 3—4% среднего годового стока.

В колебаниях годового стока рек наблюдается чередование циклов маловодных и многоводных лет, различающихся по продолжительности и по величине отклонения водоносности от средней за многолетний период. Обычно продолжительность маловодных циклов составляет от 2 до 8 лет, реже 15—20 лет. Многоводные циклы менее длительны и, как правило, продолжаются 2—4 года, а иногда до 20 лет. Суммарная величина стока всех рек СССР, как было указано, сравнительно мало колеблется от года к году и практически является постоянной. Это объясняется взаимной компенсацией отклонений стока рек в различных районах от его среднего течения в одни и те же годы.

На большей территории нашей страны преобладают реки с весенним половодьем, вызываемым таянием снега, накопленного зимой. При этом за короткий период (1—3 месяца) проходит большая часть годового стока. На реках Дальнего Востока и северо-востока Сибири имеют место летние половодья, вызываемые выпадением продолжительных дождей, в течение которых проходит 60—70% годового стока. Зимой сток сильно уменьшается и составляет обычно 5—10% годового, а в засушливой зоне и в районах многолетней мерзлоты падает до 1—2%. Многие реки зимой вообще прекращают течение на значительную часть года (8—10 месяцев). Реки засушливых районов пересыхают после кратковременного весеннего половодья, а реки районов многолетней мерзлоты промерзают в течение продолжительной зимы...

Ответ на вопрос о том, «сколько воды утекло», имеет огромное практическое значение для самых различных отраслей народного хозяйства: для водоснабжения и орошения, для обводнения, гидроэнергетики и водного транспорта. Не случайно именно для этих целей создана у нас в стране разветвленная сеть станций, постоянно ведущих наблюдения за водностью рек.

Чтобы более конкретно ответить на вопрос, поставленный в заголовке этого раздела, приведем пример того, как на практике ведется подсчет речного стока воды.

Вилуй — одна из рек сурового севера Восточной Сибири. Длина ее около 2400 км. (Напомним для сравнения, что длина Днепра — 2285 км, а Дуная — 2850 км). В сво-

ем верхнем и среднем течениях она на протяжении 1600 км протекает по Средне-Сибирскому плоскогорью, в среднем течении на ряде участков пробивается через уступы хребтов, имеет высокие берега, русло, сложенное твердыми породами, и большое падение. Водоносность реки заметно возрастает с впадением реки Чоны — крупного правобережного притока. В нижнем течении Вилюй выходит на Центрально-Якутскую низменность — в область озер и болот, имеет низкие пойменные берега и постепенно расширяющееся русло. Здесь река судоходна. В этой части в нее впадают два крупных левобережных притока — Марха и Тюнг. Площадь водосбора Вилюя 460 000 км<sup>2</sup>.

Для постройки гидроэлектростанции на реке Вилюй (первой крупной станции в зоне вечной мерзлоты) гидростроителям необходимо было определить водную мощь Вилюя, иначе говоря, им нужно было знать: сколько протечет воды в створе Вилюйской ГЭС, скажем, в год?

Если река Вилюй несет в среднем 1500 м<sup>3</sup>/сек, то за год ее сток будет равен произведению секундного расхода воды на количество секунд в году, то есть 47 км<sup>3</sup>. Это весьма внушительная цифра, она составляет примерно около 1% стока всех рек Советского Союза.

А сколько же воды несут другие крупные реки нашей страны? Ученые ответили и на этот вопрос. Располагая определенной методологией, позволяющей с большой точностью рассчитывать речной сток для любого пункта на реке и за любой отрезок времени, они получили весьма интересные данные: самая водоносная река — Енисей — несет в море в среднем 623 км<sup>3</sup> воды в год, Лена — 515 км<sup>3</sup>, Обь — 397 км<sup>3</sup>, Амур — 343 км<sup>3</sup>, Волга — 259 км<sup>3</sup>, Днепр — 52,1 км<sup>3</sup>.

Ученые-гидрологи располагают сегодня и другими любопытными сведениями о стоке воды отдельных рек. Они знают, например, сколько воды пронесет Нева мимо стен Ленинграда. Подсчеты показали, что ее средний годовой расход равен 2600 м<sup>3</sup>/сек, а в год она несет в Финский залив 81,6 км<sup>3</sup>.

Как мы уже сказали, суммарная величина стока рек Советского Союза составляет 4714 км<sup>3</sup> в год. На основе этих данных читатель теперь легко может подсчитать, «сколько воды утекло» из рек нашей страны с момента последней встречи его с приятелем. Для этого необходимо только умножить приведенные цифры о стоке рек на количество лет, в течение которых он не виделся с другом.

Сегодня также можно подсчитать, сколько, например, воды утекло из такой поистине огромной реки, как Амазонка. До последнего времени считалось, что средний расход воды ее составлял  $100\,000\text{ м}^3/\text{сек}$ . Но вот недавно получены новые данные о стоке Амазонки: оказалось, что эта река является самой большой в мире, она несет  $200\,000\text{ м}^3/\text{сек}$ .

Ныне иметь данные, позволяющие рассчитывать речной сток, необходимо и для других целей. Представим себе, что пужно заполнить вновь образуемое при строительстве какой-либо гидроэлектростанции водохранилище. Зная сток источников, которые будут заполнять водохранилище, нетрудно определить и время его заполнения.

Полезная емкость крупных водохранилищ, созданных в СССР, составляет примерно  $330\text{ км}^3$ . Емкость эта используется не менее чем с коэффициентом 1,3. Таким образом, более чем на  $400\text{ км}^3$  (или примерно на  $1/3$ ) увеличился естественный объем устойчивого речного стока страны. Только в ирригационные системы в настоящее время из водохранилищ ежегодно подается  $70\text{ км}^3$  воды; это почти в 2,5 раза больше, чем средний годовой сток воды такой реки, как Дон. А общий объем изымаемого из водохранилищ речного стока превысит  $100\text{ км}^3$  в год. Используя сток, зарегистрированный в водохранилищах, гидроэлектростанции дают в настоящее время 16—17% общего объема вырабатываемой в СССР электроэнергии. Коренным образом изменился и вырос на зарегулированных реках водный транспорт. Следовательно, в регулировании стока страна добилась крупных успехов, и сделано это главным образом за последние 25—30 лет.

Вопрос об опасности загрязнения какого-либо водохранилища или другого источника также нельзя решать без знания методологии подсчета стока загрязненных вод.

## ОЗЕРО ТАНЦУЮЩИХ ХАРИУСОВ

На территории нашей страны имеется около трех миллионов озер, из которых 95% — пресные. Озера по территории СССР расположены неравномерно: в одних районах они совершенно отсутствуют, в других занимают до 50% общей площади (низинные тундровые и тасжские районы Сибири). Более 98% озер представляют собой мелко-

водные водоемы площадью 1—2 га и глубиной 1,5—2 м. Многие из них в засушливых районах (Казахстан, юг Западной Сибири) ежегодно полностью высыхают, а иногда остаются без воды даже несколько лет. Суммарная площадь озер в СССР равна примерно 550 000 км<sup>2</sup>, что составляет около 2% всей территории страны. Общий объем воды в озерах исчисляется в 26 430 км<sup>3</sup>. Но основные запасы озерных вод (26 180 км<sup>3</sup> находятся в 16 наиболее крупных озерах с площадью водной поверхности более 1 000 км<sup>2</sup>.

Озеро Байкал — самое глубокое озеро в мире. В нем самая прозрачная вода: очевидцы утверждают, что там можно видеть камни, лежащие на 30-метровой глубине. В Байкале содержится 23 000 км<sup>3</sup> пресных вод, этот водоем по запасам пресных вод и их качеству является уникальным на земном шаре. Объем озера Байкал более чем в 5 раз превышает суммарный годовой сток всех рек Советского Союза и почти равен общему объему Великих озер Северной Америки. Количество воды, хранящейся в глубокой чаше Байкала, настолько велико, что достаточно для удовлетворения потребности всего человечества в течение 20 лет!

«Озерным краем» зовется северо-запад европейской территории нашей страны. Здесь несколько десятков тысяч озер и самое большое из них — Ладожское. В старинных русских летописях оно называлось Нево. Теперь это имя носит только река, вытекающая из озера.

Ладожское озеро вытянулось в длину на 220 км, раскинувшись на площади свыше 18 000 км<sup>2</sup>. Водосбор же его охватывает более четверти миллиона квадратных километров. Три с половиной тысячи рек, речушек и ручьев стремятся принести свою «водную дань» Ладожскому озеру. Каждый год реки доставляют сюда около 68 км<sup>3</sup> воды.

Здесь же, на северо-западе, раскинулось и Онежское озеро. По объему воды оно несколько меньше Ладожского.

На северо-востоке Киргизской республики, между двумя мощными отрогами Тянь-Шаня (Кунгей-Алатау и Терской-Алатау), на высоте свыше 1600 м над уровнем моря лежит озеро Иссык-Куль. «Киргизское море», как его называют, относится к числу высокогорных озер. По глубине оно занимает четвертое место среди глубоководных озер мира и третье — среди озер СССР после Байкала и Каспийского моря.

Наибольшая глубина Иссык-Куля превышает 740 м.

В чаше Киргизского моря содержатся два Аральских моря или десять озер Балхаш.

В озере существуют мощное глубинное и поверхностное течения. Из-за хорошего проветривания температура водных масс не опускается ниже  $+4^{\circ}$ . Не случайно местные жители называют озеро Иссык-Кулем — горячим озером. Климат у озера также весьма умеренный. Здесь не бывает ни жаркого лета, ни холодной зимы.

На крайнем северо-востоке нашей страны находится так называемое Озеро танцующих хариусов. Это название дали ему исследователи горных участков реки Колымы. Дело в том, что в мае — июле, когда комары, роясь, образуют над озером ажурные колонны, хариусы, обитающие в нем, в погоне за лакомой пищей стремительно выскакивают из воды нередко на высоту одного метра и более. Их кружение и напоминает своеобразный танец.

Это высокогорное озеро расположилось на высоте около 800 м, вытянувшись вдоль верхнего горного участка реки Колымы. Площадь его зеркала всего  $0,9 \text{ км}^2$ , наибольшая глубина 17 м. Из этого озера берет начало приток реки Колымы — Кюель-Сиен. Короткой протокой Озеро танцующих хариусов соединяется с озером Джека Лондона, северная часть которого носит название Студеного.

С северо-запада эта система озер окаймлена цепочкой более мелких озер: Серая Чайка, Анемон, Мечта, Невидимка.

Далеко не всем известно, что в высокогорной части хребтов седого Тянь-Шаня имеется около 3000 озер. Среди них есть и довольно значительные. Так, озеро Карасу в верховьях притока Нарына в своей чаше содержит 260 млн.  $\text{м}^3$  воды. Особенностью этих озер является то, что вода в них очень холодная и чистая, как слеза.

Недавно ученые обнаружили в Антарктиде удивительное явление. Среди скованных стужей ледяных гор в бесснежном уголке Антарктиды приютилось теплое озеро. Температура воды в нем под толстым слоем льда почти  $+30^{\circ}$ . Ученые выдвинули несколько гипотез о происхождении озера. Одна из них утверждает, что озеро появилось благодаря наличию на дне его горячего источника, который непрерывно его питает. Другая (она оказалась впоследствии наиболее правильной) объясняет наличие озера воздействием солнечного тепла, которое проникает сквозь толщу льда и расплавляет его вокруг озера.

Ученые провели бурение льда озера и взяли пробу

грунта из толщи дольных пород. Исследования показали, что никакой геотермальной активности в районе озера нет — дно его совсем холодное. Значит, озеро прогревается солнцем. Оказалось, что слой льда, покрывающий озеро, имеет форму линзы, которая фокусирует солнечные лучи, и таким образом вода нагревается почти до  $+30^{\circ}$ .

Теплое озеро Ванда (так его называли ученые) расположено в одной из так называемых сухих долин Антарктиды. Размытые исчезнувшими ледниками, всегда свободные от снега и льда, они считаются настоящим феноменом шестого континента. К северо-западу от американской станции Мак-Мюрде несколько горных хребтов спускается параллельно к проливу Мак-Мюрде, между ними лежат сухие долины и в каждой из них — по озеру.

На карте нашей страны появляется все больше полос искусственных рек и каналов, синих пятен искусственных водохранилищ. Они заняли достойное место среди озер нашей Родины. Немногим из них уступает, например, по площади огромное Рыбинское водохранилище. Площадь его зеркала превышает половину Онежского озера — она равна  $5000 \text{ км}^2$ . Еще больше Рыбинского Куйбышевское море, которое протянулось вверх по Волге на  $600 \text{ км}$ , а в ширину достигает  $30 \text{ км}$ . Емкость его почти вдвое превосходит емкость Рыбинского моря.

Емкость всех водохранилищ Волги и Камы составляет около  $100 \text{ км}^3$ , то есть примерно  $70\%$  объема паводковых вод среднего по водности года.

Чем больше объем водохранилища, тем больше воды в нем можно собрать и тем равномернее можно ее расходовать.

Значительную часть территории нашей планеты (примерно  $10\%$ ) занимают и болота. Только на северо-западе европейской части СССР они «захватили» около  $40\%$  площади, а в северной половине Западной Сибири даже  $50—70\%$ .

В таежной зоне Западной Сибири площадь наиболее мощных торфяных болот составляет  $40\,000\,000 \text{ га}$ , а заболоченных земель —  $70\,000\,000—90\,000\,000 \text{ га}$  — почти половину площади всей зоны. Здесь есть районы, где заболоченные земли вместе с озерами, большей частью мелкими, занимают до  $70—75\%$  площади. В торфяных массивах этой зоны содержится около  $1000 \text{ км}^3$  воды. Объем влаги, задержанной в настоящее время на поверхности всей низменности — в торфе, в многочисленных озерах, в «сорах»



(впадины, заполненные талой весенней водой), в почве поверхностных почвогрунтов и подстилающих болотные массивы водоносных песках — около 12 000 — 15 000 км<sup>3</sup>. Общие же запасы болотных вод в пашей стране составляют приблизительно 3000 км<sup>3</sup>.

Распространенное мнение о болотах, как о местах грязных и сырых, зловонных и вредных для здоровья человека, очень далеко от действительности. Это мнение тех, кто никогда не видел своеобразные и полные очарования, петропунтые человеком центральные части болот — болотный ландшафт: озера, окаймленные торфяными берегами с пышно развивающимся покровом из сфагновых мхов и невысокими соснами, совершенно чистую, прозрачную воду внутриболотных озер, разнообразие красок, цветов и ягод.

Легенда о вредности болотных вод начисто опровергается тем, что, например, в сфагновых болотах можно пить воду прямо из скважин, сделанных в торфе, или выжимая ее из стебельков сфагнового мха, что обычно и делают в экспедициях, работающих на болотах. Сфагновые мхи сами выделяют антисептические вещества, препятствующие гнилостным процессам в воде, и используются как антисептическое средство при ранениях и порезах.

## И ДОЖДЬ, И СНЕГ, И ЛЕД

Большая часть влаги приносится в нашу страну воздушными течениями с Атлантического океана и Средиземного моря. В среднеазиатские районы и на Дальний Восток влага поступает также с Индийского и Тихого океанов. Граница, разделяющая районы выпадения осадков, поступающих с Атлантического, Тихого и Индийского океанов, проходит в Сибири, восточнее озера Байкал.

В течение года в пределах Советского Союза в среднем выпадает 11 700 км<sup>3</sup> осадков, что соответствует слою воды в 531 мм на всей территории СССР. Из этого количества осадков более половины (333 мм) испаряется, а остальная часть (198 мм) стекает в океан и многочисленные водоемы.

Несколько большее количество осадков выпадает в Центральной Европе. В одном из районов Германии, в Небельхерне, сумма ежегодных атмосферных осадков в отдельные годы достигает весьма значительной величин-

ны — 2537 мм. А там, где свирепствуют частые тайфуны и циклоны — в Азии, Центральной Америке, в районе Карибского моря, на Мадагаскаре, на северных и южных тихоокеанских островах, количество осадков еще больше. За двое суток там может выпасть осадков больше, чем за год в Центральной Европе. Так, на северных Филиппинах в 1941 году за одни сутки выпало 1169 мм осадков. Тропические ливни обрушиваются и на другие страны Восточной и Юго-Восточной Азии, в том числе на Японию. В некоторых районах этой страны, например в Осугидани, в течение суток может выпасть до 825 мм, в Тапабе — 900, в Футомияма — 920, в Одаигахараяма — 1011 мм осадков.

В Южной Америке, в Колумбии, в бассейне реки Аtrato годовое количество осадков превышает 10 м. Но это не самый выдающийся рекорд. Так, в Ассаме, в районе Черрапунджи, слой воды, выпавшей за год, достигает 11 метров, в Кауаи на Северных Гавайях — даже 12 м 93 мм! Если бы вся вода, выпавшая на землю, не испарялась, не просачивалась в землю и не стекала в реки и моря, то в течение года дожди в особо «мокрых» районах вполне могли бы затопить четырехэтажный дом.

Установлено, что чем выше горы, тем больше выпадает осадков. Их количество увеличивается примерно на 100 мм с поднятием на каждый километр. На леднике Федченко высотой 5 км выпадает осадков в десять раз больше, чем в близлежащих районах, находящихся на уровне моря.

На больших высотах осадки выпадают в основном в виде снега. Он скапливается в расселинах скал, вырастает в сугробы, быстро уплотняется, твердеет и превращается в «фирн» (на древнем верхнегерманском наречии это слово означает «старый»). В горах выше постоянной снеговой линии и на некоторых полярных островах на уровне моря снег залегает круглый год.

Значительная часть атмосферных осадков аккумулируется в виде снежного покрова. В среднем на всей территории СССР слой воды, содержащейся в снежном покрове, равен 100 мм. Объем воды, ежегодно аккумулирующейся в снеге, составляет 2200 км<sup>3</sup>, что равно 19% годовой суммы осадков, выпадающих в нашей стране.

Нельзя не остановиться на одном поистине парадоксальном явлении. Тот, кто не бывал в Антарктиде, представляет себе этот заледенелый материк, где свирепствует непрерывная пурга, сплошь заснеженным. Но оказы-

васться, в Антарктиде снега весьма мало: в горных районах ежегодное накопление его не превышает 15 см. И если принять плотность снега равной 0,4, то можно легко определить, что в пересчете на жидкость количество осадков здесь составляет всего 60 мм, то есть не больше, чем в пустынных районах Австралии!

Большие запасы воды аккумулированы в ледниках.

90% мировых запасов пресной воды — лед Антарктиды. Лишь ничтожный участок в две-три десятые доли процента площади материка не закрыт льдом. Ледяной купол достигает здесь порой четырехкилометровой толщины. Из-за громадных давлений в такой толще динамика ледяной массы уже не зависит от рельефа поверхности и подчиняется своим законам.

Ледовый «язык» постоянно со скоростью два метра в сутки стекает в окружающий Антарктиду океан. У береговой кромки от гигантского «языка» откалываются огромные куски — айсберги. «Фабрика земного холода» (так нередко называют Антарктиду, где температура порой опускается почти до  $-90^{\circ}$ ) восполняет ледовые потери, вымораживая новые порции влаги из атмосферы.

В Советском Союзе мощные запасы льда имеются на островах Северного Ледовитого океана (площадь оледенения 54 000 км<sup>2</sup>) и в горных районах (22 000 км<sup>2</sup>).

Только на территории Казахстана свыше 1500 ледников, в которых законсервировано огромное количество воды (около 60 км<sup>3</sup>). Талые воды ледников — важная часть водных ресурсов Казахстана. По ориентировочным подсчетам, только от таяния ледников Джунгарского и Заилийского Алатау в реки поступает примерно 1100 млн. м<sup>3</sup> воды. В летние месяцы при таянии ледников их доля в стоке питаемых ими рек увеличивается в среднем на 25—30%, то есть они добавляют воду рекам, из которых берется много воды для орошения засушливых земель.

Общая площадь оледенения в СССР составляет около 76 000 км<sup>2</sup>, то есть 0,3% всей территории страны. Объем льда в ледниках приблизительно равен 12 500 км<sup>3</sup>, а запас воды в них — 11 000 км<sup>3</sup>.

Лишь незначительная часть ледниковых вод участвует в общем круговороте, выражающемся годовым циклом. Период полного возобновления или расходования основных запасов воды в ледниках очень велик и измеряется столетиями или даже тысячелетиями.

Многолетняя мерзлота занимает, по подсчетам уче-

ных, одну четвертую часть материковой суши. Сплошные толщи ее находятся к северо-востоку от Полярного круга. На юг от Полярного круга они простираются до 48° северной широты.

В нашей стране многолетняя мерзлота занимает около половины территории, при этом мощность мерзлых пород подчас достигает значительных величин. На реке Вилюй, например, мощность слоя вечной мерзлоты в отдельных местах доходит до 800 м, а на левом ее притоке — реке Мархе — недра земли охлаждены до глубины 600 м.

Основная масса застывшей подземной воды находится в порах пород, иначе говоря, преимущественно в рассеянном состоянии. Нередко встречаются и трещины, заполненные массой льда. Это так называемый жильный лед.

Как и в недрах земли, в многолетней мерзлоте происходят постоянные процессы, связанные с образованием новой мерзлоты и разрушением старой: благодаря растрескиванию многолетнемерзлых пород и впадения в них вод образуются клиновидные жилы, которые хорошо видны в обрывах рек.

В Сибири и в других районах нашей страны обнаружены ископаемые льды. Толщи их погребены под молодыми осадочными отложениями (погребенные льды).

Как видите, огромная масса воды находится в застывшем состоянии. Правда, и здесь идут свои процессы, приводящие иногда к весьма интересным природным явлениям. Так, на севере, где короткое лето и где расположена многолетняя мерзлота, все же идет образование талик — скоплений жидкой воды или межмерзлотной воды. Такие воды могут располагаться и под слоем многолетней мерзлоты. Иногда там могут быть даже и горячие воды, которые называются подмерзлотными.

Подземные воды, распространяющиеся в мерзлых породах, образуют гидроакколиты — бугры пучения, или, как их еще называют, булгуньяхи, пинго. Появление гидроакколитов, как предполагают ученые, связано с промерзанием талик, а также с проникновением подземных вод вверх по нарушениям в породах. В последнем случае подземные воды в толще мерзлых пород превращаются в инъекционный лед. Рост этого льда приводит к подъему слоев грунта и появлению гидроакколитов. Бугры пучения обычно имеют или круглую, или куполовидную форму.

Следует сказать и еще об одной разновидности деятельности подземных вод — образовании наледей. Они возник-

кают, как правило, в местах выхода на поверхность вод источников, которые вследствие низкой температуры окружающего воздуха в зимнее время замерзают, образуя большие ледяные поля. Наледи распространены в районах многолетней (вечной) мерзлоты и часто имеют очень большие размеры: площади их доходят до 100 км<sup>2</sup>, а объем до 0,5—0,6 км<sup>3</sup>. В северо-восточной части нашей страны наледями покрыто около 1% всей территории. Всего в этом районе учтено более 7500 наледей, суммарный запас воды в которых приблизительно 30 км<sup>3</sup>. По ориентировочным данным, талые воды наледей составляют до 30—50% годового стока некоторых рек Северо-Востока СССР.

За последние годы проведены большие гидрогеологические исследования и буровые работы на всей территории страны, в результате которых выявлены огромные запасы подземных вод.

## **МОРЯ, РЕКИ И ОЗЕРА ПОД НАМИ**

Помимо видимых (наземных) морей, рек и озер, есть еще и невидимые (подземные). Поскольку они характеризуют запасы вод в земной коре, то их принято называть Невидимым или Подземным океаном.

Невидимый океан — это не сплошная масса воды. Это и маленький родничок — ключ, выбившийся из горного ущелья или из-под нависших древесных корней, и поблескивающее из глубины деревенского колодца водяное зеркало, и источник какой-либо минеральной воды. Все это разрозненные, казалось бы, незначительные проявления огромного, скрытого от нас океана подземных вод, раскинувшегося на обширных пространствах.

Невидимый океан находится внутри твердой оболочки земли — земной коры, в горных породах, многие из которых (пески, песчаники и др.) имеют поры и пустоты, хорошо сообщающиеся друг с другом и образующие связанную систему тонких и тончайших каналов. В этих порах, пустотах, трещинах и расположены подземные воды.

В земной коре имеются и плотные, массивные, почти непроницаемые породы. В таких породах (например, в гранитных образованиях) либо совсем нет воды, либо она на-

ходится в мелких изолированных пустотах или внутри минералов. Такие пласты и массивы принято называть водупорами. Как правило, они выполняют роль разделителей и разобщителей толщ, насыщенных движущимися (циркулирующими) водами.

Обычно насыщенные водой массы в земной коре чередуются с безводными. Между всеми природными, особенно подземными водами, имеется тесная связь, все они составляют единое целое. Это блестяще доказал великий русский ученый, академик В. И. Вернадский.

Вода, проникая в почву, может двигаться в глубь земли только до первого слоя глин, которые встречаются на ее пути. Затем движение прекращается. Скапливающиеся воды образуют слой так называемых грунтовых вод. Его можно хорошо рассмотреть в свежевырытом колодце. Бывает иногда так: еще не успели закончить все работы по сооружению колодца, а там уже появляется вода и поднимается все выше и выше к поверхности земли. Затем приток воды прекращается, и она устанавливается на каком-то определенном уровне. Уровень воды в колодце всегда соответствует уровню поверхности залегания грунтовых вод. Зеркало грунтовых вод может совпадать и с поверхностью земли. В этом случае почва обычно заболачивается, образуются болота, иногда достигающие огромных размеров. Примером этого может служить Западно-Сибирская низменность, где непроходимые топи тянутся на десятки, а порой и на сотни километров.

Совсем другая картина в пустынях. Здесь грунтовые воды находятся на большой глубине, и, чтобы добраться до них, приходится рыть глубокие колодцы или даже бурить скважины.

Таким образом, поверхность залегания (зеркало) грунтовых вод может находиться на разных глубинах. Различна и мощность их слоя: она может колебаться от одного до десятков метров, это зависит и от состава пород, и от рельефа, и от климата.

Обычно ниже первого слоя располагается второй насыщенный водой слой породы. Это пласт песчаника. Вода в нем содержится в порах, образующихся в пространстве между зернами-песчинками. Все песчинки покрыты слоем воды, которая очень прочно удерживается на их поверхности и поэтому получила название «связанной».

Важную роль в жизни вод Невидимого океана играют глины. Глина состоит из различных минералов, структу-

ра которых напоминает пластинки слюды, плотно прилегающие друг к другу и образующие сплошной покров, предотвращающий проникновение вод из водонасыщенного пласта. Мощность глинистых пластов нередко достигает нескольких сот метров. Глины содержат много воды, «запечатанной» между пластинками глинистых минералов. Водоносные пласты, зажатые в толзах глин, содержат напорные грунтовые воды. Напор воды в них создается вследствие того, что пласт изогнут и, как в сообщающихся сосудах, столбы жидкости стремятся уравновесить друг друга. В случае, когда поверхность земли окажется ниже уровня пласта, вода будет переливаться из колодца или буровой скважины, иногда она может выбрасываться и в виде фонтана. Водоносные слои с напорными водами называют артезианскими. Впервые напорную воду получили во Франции в провинции Артуа (в латинской транскрипции Артезия).

Когда образуется большое количество перемежающихся (наподобие слоеного пирога) водоносных горизонтов и водоупоров, возникают артезианские бассейны, или бассейны подземных вод.

Если на склоне артезианского бассейна пласт выходит на поверхность, дождевая вода или вода горных потоков проникает в поры и по закону всемирного тяготения стремится в глубь пласта. Под действием напора проникающей в пласт воды и происходит ее движение в пласте — вытеснение находящейся там воды. В том случае, когда водоносный горизонт прорезается речной долиной, вода появляется на поверхности земли в виде родников.

Но бывает и так, что подземные воды движутся не от области питания со склонов бассейна, а, наоборот — из наиболее глубокой его части вверх по пластам. Такое явление происходит вследствие уплотнения глиняных пластов и выдавливания заключенной между ними воды. По мелким трещинам вода поступает в водоносный горизонт и затем поднимается вверх по пласту.

Встречаются и такие бассейны подземных вод, где в водоносных пластах наблюдается различное направление движения вод.

Таким образом, в Подземном океане воды находятся в постоянном движении. Скорость его невелика, особенно на больших глубинах.

Подземный океан состоит не только из подземных вод, насыщающих горные породы и текущих по мелким порам

и трещинам, в нем есть и подземные реки, подобные тем, что текут на поверхности, есть и большие и малые озера и целые моря. В последние годы было открыто большое количество не только подземных рек, о существовании которых люди знали давно, но и огромных бассейнов с пресной водой (например, под барханами Сахары, Каракумов, Кызылкумов и т. д.).

Впадины и поднятия в земной коре образуют систему подземных бассейнов, которые, словно моря по каналам и проливам, могут соединяться друг с другом. Размеры бассейнов могут быть самыми разнообразными: от небольших до гигантских. К последним относится, например, Днепровско-Донецкий бассейн, глубина которого достигает 6—7 км, а площадь занимает большую часть территории Украины. Огромных размеров и Западно-Сибирский подземный бассейн. На территории, которую он занимает, уместились бы несколько крупных западноевропейских государств. У нас в стране имеется значительное количество и более мелких бассейнов на Кавказе, Памире, Тянь-Шане. Находятся эти бассейны между горными хребтами.

На поверхность земли выходят и кристаллические породы, подобные громадным плитам, но разбитые трещинами (Балтийский щит, Украинский кристаллический массив и много других). Вода циркулирует в них по трещинам и жилам, проникая в глубь земли. Образуются и целые системы трещинных вод. Такие воды могут также появляться на поверхности земли в виде источников.

В недрах земли образуются и различные впадины, где протекают реки и покоятся озера и огромные водные бассейны — моря. Это происходит вследствие природного явления, называемого карстом. Дождевые и поверхностные воды, попадая в породы, состоящие из известняка, доломита или гипса, растворяют их. Вначале на поверхности земли появляются мелкие рытвинки, бороздки. Но проходят десятилетия, а иногда и сотни лет, и вода постепенно по мелким трещинкам проникает все глубже и глубже, расширяя на пути своего движения промысы — пустоты. В этом процессе определенную роль играет и такое явление, как растворение содержащегося в воде углекислого газа, который попадает в нее из воздуха. Итак, в течение тысячелетий вода и сопутствующий ей углекислый газ способны образовывать пещеры, гроты, галереи, подземные залы, пропасти и причудливой формы каналы — ложка для подземных рек и озер. Соединяясь между собой,



они создают сложные лабиринты — карстовые пещеры, подземные моря.

Непрерывная многолетняя работа воды, а затем обрушение пород приводит к образованию глубоких колодцев и шахт. Крымскими спелеологами открыта шахта Каскадная на Ай-Петри глубиной 246 м. В Грузии открыта полость в массиве Арабика глубиной 307 м. Во Франции группой спелеологов, которую возглавлял Пьер-Жикель, в 1956 году была открыта и изучена пропасть, названная пропастью Пьера. Глубина этой пропасти поистине рекордная — 564 м.

С течением времени вода способна образовать и очень большие полости. Одна из таких полостей — система пещер — находится в штате Кентукки (США). Из-за своих колоссальных размеров она названа Мамонтовой. Протяженность всех звеньев этого подземного сооружения, которое создала вода, достигает 240 км. Здесь текут три подземные реки с восемью водопадами. Все они связаны с наземной рекой Грин-Ривер. Здесь же находятся и три подземных озера. Большой протяженности пещеры имеются и в Швейцарии, Австрии, Венгрии, ГДР, Югославии, Бразилии, Мексике. У нас в стране хорошо известны Воронцовская пещера на Кавказе, Красная в Крыму, Кунгурская ледяная пещера на Урале.

Карстовые пустоты, как правило, бывают заполнены огромными массами воды. Иногда карстовые воды появляются и в виде источников, питающих озера и реки. Приято считать, что их роль в природных процессах довольно значительна. Древний же карст сегодня стал использоваться для сброса отработанных вод, попутных вод при добыче нефти. Такие воды, пройдя через толщи различных земных пород, очищаются и участвуют в естественном круговороте воды.

## **ОТКУДА НА ЗЕМЛЕ ПОЯВИЛАСЬ ВОДА?**

Этот вопрос занимал многих древнегреческих ученых и философов, живших более двух тысячелетий тому назад. Они, в частности, интересовались: откуда берется вода в реках и почему реки не иссякают? Ведь годы идут за года-

ми, столетия за столетиями, а реки все так же текут к морю, как и встарь, и море не переполняется. Значит, к рекам откуда-то непрерывно притекает вода, а из моря происходит постоянный ее отток, причем приток речной воды в море должен быть равен ее оттоку, иначе море постепенно выходило бы из берегов или, наоборот, мелело. Решая эту сложную проблему, древнегреческие ученые строили предположения, что вода из моря каким-то путем снова попадает в реки. Так они пришли к догадке о круговороте воды в природе.

Известно, что вода всегда течет сверху вниз, реки и ручьи стекают с гор и холмов на равнины и далее направляются к морю. Что же заставляет воду вновь подниматься из моря в горы? Греческий философ и астроном Фалес из Милета, живший в VII веке до нашей эры, так объяснял эту удивительную загадку: «Вода из моря под напором ветров пропитает глубоко под землю, оттуда она под давлением тяжести горных пород поднимается вверх и питает реки и источники». Конечно, такое толкование было неправильным.

Существовали и другие теории, пытавшиеся объяснить, откуда берется вода в реках. Одни из них были близки к реальной действительности, другие уводили в совершенно непроходимые дебри.

Близок к разрешению загадки о происхождении рек был великий философ древности — Аристотель (384—322 гг. до н. э.). Он часто наблюдал, как струйки дождевой воды стекают в реки, но он решил одновременно, что одной дождевой воды не хватило бы на то, чтобы питать все реки мира. И, развивая дальше в неправильном направлении свою мысль, пришел к такому выводу, что реки питаются водой, рождающейся из подземного воздуха в пещерах и даже из самой земли.

Мысль о питании рек исключительно за счет атмосферных осадков впервые высказал французский ученый Бернар Палисси (1510—1589). Правда, обосновать свою теорию непосредственными измерениями осадков и речного стока он не мог. Эта работа была проделана другими французскими исследователями. Один из авторов таких измерений (предполагают, что это был Пьер Перро) в своей книге «Происхождение источников», изданной в 1674 году в Париже, на основании произведенных им измерений и расчетов стремился доказать, что «выпадающих на землю дождей и снегов вполне достаточно для того, чтобы

поддерживать непрерывный ток воды в реках и источниках».

Так впервые была обоснована теория о круговороте воды в природе.

Мы сделали небольшой исторический экскурс, дающий представление о некоторых теоретических размышлениях о том, откуда берется вода в реках. А теперь давайте познакомимся с другими, более современными гипотезами и теориями о происхождении воды.

Одни ученые утверждают, что вода пришла на Землю из космоса. Эту гипотезу ученые строят, исходя из следующего. По всем направлениям в космосе мчатся потоки частиц с огромной энергией. В этих потоках очень много протонов — ядер атомов водорода. Пропизывая верхние слои земной атмосферы, протоны захватывают электроны, превращаются в атомы водорода и немедленно вступают в реакцию с кислородом атмосферы, образуя воду. Расчеты ученых показывают, что ежегодно почти полторы тонны такой «космической» воды рождается в высотной части земной атмосферы. Эта вода потом выпадает в виде осадков на Землю.

Развивая теорию «космической» воды, некоторые ученые утверждают: произведенные ими подсчеты доказывают, что воды, возникшей таким путем за всю историю Земли, как раз хватило бы, чтобы родились все моря и океаны планеты. Значит, вода пришла на Землю из космоса? Но...

Геохимики не считают воду небесной гостьей. Они убеждены, что она имеет вполне земное происхождение, и обосновывают свои теоретические предпосылки следующим образом: породы, слагающие земную мантию, лежащую между центральным ядром Земли и земной корой, под влиянием накопившегося тепла радиоактивного распада изотопов местами расплавились на летучие составные части: азот, хлор, соединения углерода, серу, а больше всего — водяные пары.

Сколько же воды выбросили при извержениях все вулканы Земли за всю историю планеты? Немецкий геолог Заппер подсчитал, например, что вулканы выбрасывают за год около одного кубического километра влаги. А так как возраст земной коры достигает трех миллиардов лет, то изверженной влаги вполне хватило бы для образования не только суши, но и всех океанов и всей земной атмосферы. Да, скорее всего это именно так,

Гипотеза о вулканическом происхождении воды морей, океанов и других источников, а также атмосферы на первый взгляд может показаться несколько неправдоподобной. Но в подтверждение своей точки зрения ученые приводят такой интересный пример. Как известно, над всеми действующими вулканами Земли — их 624, — даже когда они спокойны, клубятся тучи пара. Извергаемая магма буквально насыщена водяным паром и различными газами. Пар и газ составляют основную массу извергаемого вещества.

На Аляске есть Долина десяти тысяч дымов, возникшая после извержения вулкана Катмая. Вулкан этот давно молчит, а Долина десяти тысяч дымов каждую секунду выбрасывает в атмосферу 20 000 т пара. Надо сказать, что первая мысль о вулканическом происхождении воды принадлежит выдающемуся русскому ученому М. В. Ломоносову.

Интересную гипотезу о происхождении воды на Земле, получившую в настоящее время всеобщее признание, разработал академик А. П. Виноградов. По его мнению, вода образовалась при выплавлении и последующем остывании базальтов, формировавших первичную земную кору.

Первоначально Земля была холодным телом. В дальнейшем начался радиоактивный распад урана, тория, калия, рассеянных в веществе Земли, с выделением тепловой энергии. В результате радиоактивного разогрева в недрах Земли происходила плавка веществ. Тугоплавкие вещества остались внизу, легкоплавкие (базальты) поднимались вверх. Из них выделялись летучие вещества: азот, хлор, соединения углерода, сера и большое количество водяных паров. Базальты, как и граниты, прочные каменные породы. На первый взгляд кажется: откуда в них может взяться вода? Однако опыты показали, что из одного кубометра гранита при его плавлении может выделяться 26 л воды и много всевозможных летучих соединений.

Под влиянием высокой температуры вода из связанной превращалась в свободную и выходила на поверхность Земли в форме паров, которые накапливались в атмосфере. Когда по остыванию Земли температура газовой смеси стала ниже 100°, началась конденсация паров, и вода в виде дождей полилась на Землю. Стекая по поверхности, она заполняла понижения Земли. В дальнейшем происходило постепенное пополнение гидросферы водой за счет вулка-

нических извержений. Таким образом на нашей планете появились моря и океаны.

Еще и теперь в недрах Земли имеется раскаленная порода, в которой содержится вода. Во время извержения вулканов она выбрасывается в большом количестве в атмосферу в виде огромных облаков пара.

Сегодня имеются и другие гипотезы, объясняющие происхождение воды. Однако большинство ученых придерживается гипотезы, что гидросфера образовалась преимущественно из первичной воды, содержащейся в связанном состоянии в веществе первозданной Земли: земные глубины — основной источник происхождения воды на нашей планете.

По мнению ученых, состав холодной твердой материи, из которой образовалась Земля, был близок к составу каменных метеоритов, содержащих в среднем 0,5—1% воды. Вода в исходном веществе Земли находилась в химически связанном состоянии. В таком же связанном состоянии она находилась в породах первобытной Земли...

Нам осталось выяснить еще один вопрос: как возник Невидимый, Подземный океан?

По этому поводу сегодня также существует много различных теорий и гипотез, в которых большинство авторов сходится лишь в одном: этот океан своим происхождением обязан океану видимому, наземному, который по современным представлениям появился раньше.

## ИМЕЕТ ЛИ ВОДА ВОЗРАСТ?

В самом деле, можно ли определить возраст воды какого-либо озера или реки? Да, ученые научились это делать почти абсолютно точно.

Но прежде чем подробно рассказать, для чего и как это делается, попробуем определить, что же такое возраст воды?

По предложению известного советского гидрогеолога А. М. Овчинникова, возрастом воды принято считать время с момента проникновения воды под землю и до отбора этой воды. Конечно, гидрогеологический возраст не имеет ничего общего с химическим, иначе говоря, с истинным временем существования каждой молекулы  $H_2O$ .

Чтобы наглядно представить себе, что такое возраст воды, вспомним общеизвестную схему цикла круговорота воды в природе: тучи изливаются на землю дождем; дождевая вода просачивается сквозь почву по трещинам и разломам породы, протекает из одного водоносного слоя в другой, проходит по сложной системе природных подземных водопроводов, выходит на поверхность в виде родников; родники и ручьи текут в реки, последние в свою очередь текут в моря и океаны; вода испаряется гигантским зеркалом Мирового океана, вновь собирается в тучах. И все начинается сначала...

Таким образом, гидрогеологический возраст воды — это длительность одного цикла круговорота. В различных точках земного шара цикл круговорота воды длится от нескольких месяцев до десятков миллионов лет. Это время зависит от структуры грунта, от длины подземных ручьев и рек, от водопроницаемости минеральных пластов. В бассейне Москвы-реки, например, где залегают сравнительно легкие, быстро фильтрующие влагу породы, вода «оборачивается» за несколько лет. Москвичи пьют воду примерно пятилетней «выдержки». А вода, которую пьют жители Харькова или Полтавы, выпадает в виде осадков в долине реки Сейма и, как говорят гидрологи, разгружается в Днепр приблизительно через сто тысяч лет после породившего ее дождя. Конечно, в любой реке, в любом озере «выдержанная» вода, просачивающаяся из грунта, разбавлена атмосферными осадками и талым снегом. И когда, например, говорят, что жители пьют воду пяти- или десятилетней выдержки, то имеют в виду длительность круговорота в том или ином водном бассейне.

Итак, мы ответили на первый вопрос: что такое возраст воды. Теперь ответим на другой вопрос: для чего нужно знать возраст воды? Прежде всего для того, чтобы оценить ее подземные запасы. Если воде всего несколько лет, значит, водоносные горизонты быстро заполняются влагой и запасы ее практически неисчерпаемы. Если же из скважины бьет «почтенная» вода доледникового периода, это означает, что водоносный пласт закупорен, окружен влагонепроницаемыми слоями известняка и глины. Такие изолированные пласты гидрогеологи называют могилами. Древние воды в закупоренных горизонтах нужно расходовать особенно бережно, ибо восполняются они крайне медленно.

Возраст воды является также основным определяю-

щим в изучении структуры подземных грунтов. Этим часто пользуются разведчики полезных ископаемых — геологи.

Для определения возраста воды сегодня используют последние достижения геологической науки, в частности метод радиоактивного распада. Вначале этот метод, предложенный академиком В. Г. Хлопиным, использовали для датирования геологических процессов, в частности для определения абсолютного возраста минералов. Затем метод радиоактивного распада ученые Московского геологоразведочного института и Всесоюзного научно-исследовательского института ядерной геофизики и геохимии усовершенствовали и применили для оценки возраста воды.

В чем суть этого метода? Только что выпавшая дождевая вода, проходя через атмосферу или просачиваясь в грунт, растворяет небольшие количества радиоактивных веществ. Для того чтобы рассчитать возраст воды, нужно знать период полураспада радиоактивных примесей, а также их концентрации — конечную и начальную. Конечную концентрацию, как правило, определяют химическим анализом. Начальную же концентрацию за последнее время советские гидрогеологи научились весьма точно определять по составу грунтов, где циркулирует исследуемая вода.

Обычно первым свидетелем начала круговорота воды является тритий, который образуется в верхних слоях атмосферы под действием космического излучения. Таким образом, в самом начале цикла круговорота вода приобретает как бы радиоактивную метку.

Концентрация трития в атмосфере более или менее постоянна. Поэтому гидрогеологам довольно точно известно содержание радиоактивного элемента в осадках (дожде, снеге), выпавших сегодня или двадцать лет назад. Концентрацию же трития в подземной воде определяют радиохимическим анализом. Для наглядности приведем такой наиболее распространенный пример. Если при исследовании было обнаружено, что в воде тяжелого водорода вдвое меньше, чем в атмосфере, то исследуемым водам 12,5 года (таков период полураспада трития). Если концентрация трития в воде упала в четыре раза, воде 25 лет.

Практика показала, что определение возраста воды по тритию хотя и весьма точный метод, но в то же время весьма трудоемкий и сложный процесс. Чтобы произвести ана-

лиз воды с желаемой точностью, необходимо вначале обогатить пробу, очистить ее от мешающих анализу посторонних примесей. Для этого воду сначала подвергают электролизу. Под действием постоянного электрического тока на катоде прежде всего выделяется «легкий» водород, который восстанавливается значительно легче трития. После обогащения концентрация радиоактивного изотопа в пробе увеличивается в несколько раз. Обогащенную и очищенную вакуумной дистилляцией пробу испаряют, а пар направляют в вакуумную камеру, где измеряется  $\beta$  — активность трития либо по степени ионизации остатка воздуха, либо по сцинтилляционным вспышкам специального покрытия, нанесенного на стенки — экраны.

Ввиду сложности тритиевого метода его применяют в основном только для молодой воды. После длительной «выдержки» концентрация трития резко падает и не поддается точному аналитическому определению. Поэтому возраст воды старше сорока-пятидесяти лет определяют другими способами.

Хотя тритий, по выражению гидрогеологов, и заслуживает наибольшего доверия как свидетель, через день-два, от силы через неделю, уже под землей вода приобретает и другие метки — вымытые из породы изотопы тяжелых элементов. А так как круговорот воды длится годы, сотни тысяч и миллионы лет, небольшое опоздание в «регистрации рождения» не играет существенной роли.

К радиоактивным меткам, которые вода выщелачивает из породы, относятся изотопы тория, радия, урана. Периоды полураспада этих элементов — от нескольких секунд до тысячелетий. Такой богатый выбор радиоактивных меток позволяет, казалось бы, определять возраст воды практически любой «выдержки». Действительно, соотношение радиоактивных изотопов в различных породах известно точно. Это соотношение в процессе распада достигает динамического равновесия, когда скорость распада образующихся (дочерних) элементов равна скорости их образования из радиоактивных минералов (материнских элементов). В воде равновесие материнских и дочерних изотопов должно нарушиться, и тем больше, чем старше вода.

Такой в общем-то несложный расчет был бы возможен, если бы вода растворяла элементы в тех же соотношениях, в которых они находятся в природе. Однако, исследуя химические свойства урановых руд, советский ученый-радио-

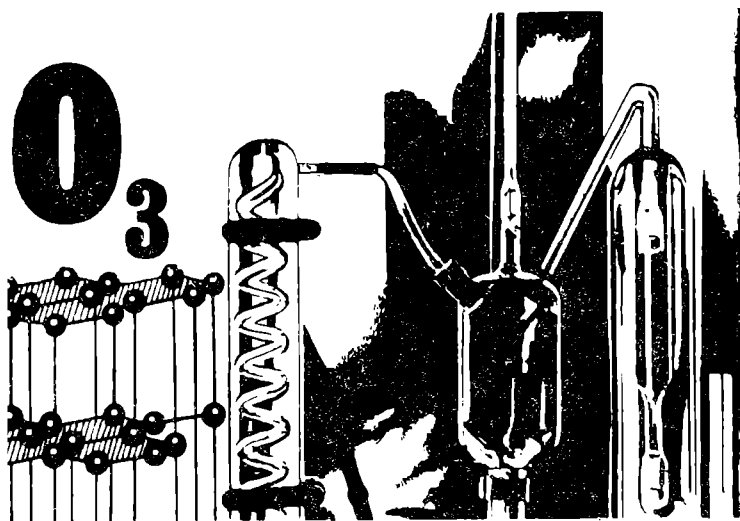


химик член-корреспондент АН СССР И. Е. Старик обнаружил, что примеси в минерале (например, торий) выщелачиваются значительно быстрее, чем основной элемент, вследствие того, что примеси не входят в кристаллическую решетку минерала, а заполняют пустоты, трещины и капилляры в породе. Непрочно связанные с другими атомами, частицы примеси легко вымываются природными растворами. Поэтому при расчете на практике возраста воды по соотношению материнских и дочерних изотопов в породе и подземных источниках вносятся поправки. Таким методом известный советский гидрогеолог профессор В. В. Чердынцев определил возраст поверхностных вод Северного Кавказа и Киргизии. Оказалось, что они почти ровесники, хотя и удалены друг от друга на тысячи километров: водам Северного Кавказа около 170 дней, водам Киргизии 100 дней.

Другой советский ученый — П. И. Чалов — по соотношению концентрации изотопов урана установил возраст воды в озере Иссык-Куль. Он оказался равным примерно ста тысячам лет. Полученный результат хорошо совпадает с представлениями геофизиков о тектоническом происхождении Иссык-Куля.

П. И. Чалов измерил отношения урана-234 к урану-238 в Иссык-Куле и питающих озеро реках. Получилось, что речная вода по своему изотопному составу значительно дальше от равновесия, чем вода озера, а это значит, что речная вода моложе озерной.

Сегодня существуют и другие методы определения возраста воды по иным показателям. Например, в процессе круговорота воды изотопы водорода постепенно разделяются. Из-за гравитационного разделения изотопов древние глубинные воды обогащаются дейтерием. Поэтому концентрация тяжелого водорода может служить качественным показателем возраста воды. Гидрогеологи использовали дейтериевый метод для оценки возраста Ташкентского артезианского бассейна.



ВОДА, КОТОРУЮ МЫ ПЬЕМ  
 ЧУДО ПРИРОДЫ  
 КОГДА ОБЫЧНАЯ ВОДА НЕОБЫЧНА  
 ЗАГАДКИ ОМАГНИЧЕННОЙ ВОДЫ  
 ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДЫ ПРОДОЛЖАЮТСЯ





ВОДЕ БЫЛА ДАНА  
ВОЛШЕБНАЯ ВЛАСТЬ  
СТАТЬ СОКОМ ЖИЗНИ  
НА ЗЕМЛЕ.

**„САМЫЙ ВАЖНЫЙ  
МИНЕРАЛ  
НА ЗЕМЛЕ“**

# ВОДА, КОТОРУЮ МЫ ПЬЕМ

Обыкновенную простую воду академик А. Е. Ферсман назвал «самым важным минералом на Земле, без которого нет жизни». Это определение советского ученого подтвердилось жизнью и стало уже непреложной истиной. Вода действительно является поистине своеобразным и единственным в своем роде веществом, которое практически очень трудно чем-либо заменить.

Возьмем питьевую водопроводную воду. Она имеет строго определенный химический состав. Этот состав определен специальным ГОСТом, маленькой книжечкой с десятком цифр — основным законом для водоснабжения.

Какие же требования предъявляются ГОСТом к воде?

Вода, предназначенная для питья, должна быть прежде всего чистой, неядовитой и приятной на вкус.

Интересное и весьма правильное определение качества обыкновенной питьевой воды дал Д. И. Менделеев. «Хорошою водою для питья, — писал он, — может считаться та вода, которая при своей свежести, то есть содержании газообразных веществ воздуха, содержит органические и минеральные вещества в определенном незначительном количестве».

Одно из непременных условий для водопроводной воды — она должна быть прозрачной, бесцветной, нежесткой, не сильно минерализованной (сухой остаток не более 1000 мг/л); содержание сульфатов не должно превышать 500 мг/л, хлоридов — 350 мг/л.

Содержание солей тяжелых металлов, радиоактивных элементов и других химических веществ также не должно превышать определенного предела, то есть величины, установленной Главной санитарной инспекцией СССР.

Вода, богатая, например, железом, имеет неприятный вяжущий вкус. Поэтому в литре воды должно быть не более 0,3 мг железа. Строго ограничено и содержание в воде фтора (как недостаток, так и избыток его вредны для зубов), мышьяка, цинка, свинца. Присутствие фосфора и азота в воде на ее качество практически не влияет. К тому же обычное количество фосфора в воде составляет всего тысячные доли миллиграмма на литр, а азота — сотые доли.

Один из наиболее важных показателей качества воды — ее мутность, то есть количество содержащихся в

ней взвешенных веществ. Зачерпнем из речки или озера стакан воды и оставим его стоять несколько минут; мы увидим, что большая часть взвешенных веществ осаждается в виде осадка на дне стакана. Такие вещества не только портят вкус воды, они служат благоприятной средой для развития болезнетворных бактерий. Поэтому содержание взвесей в воде строго ограничено — 2 мг/л. По новому ГОСТу, который вступил в действие с 1 января 1975 года, эта норма сокращена наполовину.

По современным требованиям болезнетворных микробов в воде не должно быть вообще. Бактерий, вызывающих различные так называемые водные инфекции, существует много, а методика определения их довольно сложна. Поэтому бактериальные загрязнения принято характеризовать содержанием в воде одного микроба-индикатора — кишечной палочки. Сама по себе кишечная палочка обычно не вызывает заболеваний — она постоянно присутствует в кишечнике людей и животных, но она более устойчива к бактерицидным воздействиям, чем болезнетворные бактерии. Вот почему если кишечных палочек в воде мало, то вероятность загрязнения другими бактериями еще меньше. Было установлено, что если в литре воды меньше трех кишечных палочек, то такая вода совершенно свободна от других болезнетворных микроорганизмов. Эта цифра и есть норма для питьевой воды.

Нормирует ГОСТ и такие показатели качества воды, которые труднее выразить точными цифрами: цвет, вкус, запах.

Самые общие сведения об этом дают наши органы чувств. В частности, сила запаха воды определяется по 5-балльной системе. Вкус воды определить также не трудно: его различают по всем знакомым видам — соленый, горький, сладкий, кислый. Остальные виды вкусовых ощущений называются привкусами. Интенсивность вкуса и привкуса определяется также по 5-балльной системе.

ГОСТ регламентирует и содержание в воде химических и токсических веществ. Это ионы бериллия, молибдена, селена, а также некоторые синтетические и радиоактивные вещества. Допустимая концентрация каждого из них различна, но, как правило, выражается тысячными и десятитысячными долями миллиграмма. Например, предельная допустимая концентрация мышьяка 0,05, селена — 0,001, бериллия — 0,0002 мг/л.

Вода из водопроводного крана — это стерильно чистая

вода. Получить ее непосредственно из пруда, реки или какого-либо другого источника практически невозможно. Она должна пройти большой и трудоемкий процесс обработки.

Первое, что делают с водой на водопроводных станциях, — это очищают ее от взвешенных частиц. Осаждение взвешенных частиц происходит благодаря процессу, называемому коагуляцией. Химические вещества коагуляторы способствуют быстрому оседанию взвесей. В качестве коагулятора в воду чаще всего добавляют сульфат аммония или алюминат натрия. Когда же коагулированием не удастся извлечь из воды всю взвесь, воду фильтруют через песок или дробленый антрацит.

Вода иногда содержит большой процент железа. В этих случаях ее «исправляют» с помощью обезжелезивающих агентов, например извести. Воду придают и соответствующий вкус, устраняют с помощью целого ряда очистных систем нежелательные запахи. Случается, что вода, взятая из природного источника, имеет запах тухлых яиц. Это значит, что в ней присутствует сероводород. В этом случае газ удаляется путем аэрации.

Если анализ природной пресной воды показывает, что повышена ее кислотность, добавляют щелочь или известь, если же высока щелочность, добавляется кислота.

Однако вода, очищенная от взвешенных веществ, излишнего содержания кислоты или щелочи, запаха, для питья еще не годится: очистные сооружения водопроводных станций способны задержать не более 90—95% бактерий, содержащихся в воде источника. Поэтому воду приходится еще и обеззараживать.

Большое распространение получило обеззараживание воды хлорированием. Под действием газообразного хлора погибают находящиеся в воде бактерии. Одновременно хлор окисляет органические вещества. Вот почему он является надежным средством для обеззараживания воды.

Сегодня на смену хлору пришли и другие весьма эффективные способы обеззараживания воды.

Ученые уже давно обратили внимание на газ озон — аллотропную форму кислорода ( $O_3$ ). Озон — сильный окислитель, особенно в растворе, разлагаясь, он выделяет атомарный кислород. Озон не только уничтожает бактерии и микроорганизмы, но и лишает воду неприятного вкуса и запаха, при этом фенолы, сероводород, сернистые соединения, углеводы и другие вещества с сильным запа-

хом, окисляясь, превращаются в продукты, не имеющие ни запаха, ни вкуса. Озон расщепляет и так называемые гуминовые вещества, придающие воде неприятный желтый цвет. Вода, очищенная озоном, по вкусу, запаху и другим свойствам намного лучше вод, очищенных иными методами. В результате озонирования получается прозрачная, чуть голубоватая, настоящая родниковая вода.

Воду можно обезвредить, подвергнув ее облучению ультрафиолетовыми лучами, обладающими бактерицидными свойствами. Не менее эффективным способом обеззараживания воды считается и метод «серебрения». Делаются попытки обеззараживания воды с помощью гамма-лучей, ультразвука, йода.

Несмотря на то что потребность в питьевой воде сегодня удовлетворяется в основном за счет рек, озер и водохранилищ, с каждым годом все больше возрастает значение подземных вод для целей водоснабжения. Подземные воды гораздо ценнее по качеству и наиболее надежны в санитарном отношении. Такую воду можно использовать для питья без всякой очистки и обеззараживания.

Человек пьет в большом количестве и минеральные воды. Ими он утоляет жажду и лечит всевозможные болезни. Среди минеральных вод наиболее известны и популярны углекислые воды, особенно кавказские нарзаны — холодные, освежающие.

Когда едешь по Военно-Грузинской дороге, трудно не остановиться и не выпить шипящей воды из бьющего из-под земли родника. В Долине нарзанов под Кисловодском таких родников несчетное количество. Можно подолгу стоять около них и смотреть, как, kloкоча и пенясь, стекает вода из источников. Вначале слышно тихое шипение, и на поверхности появляются пузырьки углекислого газа, затем шипение усиливается и возникают большие пузыри, которые с треском лопаются.

В минеральной воде обычно содержится не менее 0,75 г/л углекислоты. Многие минеральные воды насыщены углекислым газом, причем эти воды самого различного химического состава: содовые — «Боржоми», соляно-щелочные — «Ессентуки», хлоридные и натриевые — «Арзни».

Если посмотреть на этикетку, наклеенную на бутылке минеральной воды «Боржоми», то мы увидим, что хлор там возглавляет список элементов, содержащихся в воде. На втором месте натрий, затем — магний или кальций.

В Эссендуках распространены соляно-щелочные воды, которые минерализованы выше, чем кисловодские нарзаны. Севернее Эссендуков, в Пятигорске, состав минеральных вод сложнее. Здесь значительное влияние на них оказывают микробиологические процессы. В ряде источников присутствует сероводород. Наличие магматических пород способствует обогащению подземных вод радиоактивными элементами — радием, радоном и т. п.

Знание геологического строения и гидрогеологических особенностей того или иного района дает в руки специалистов необходимые данные о нахождении водоносных пластов, отдающих ту или иную минеральную воду, и таким образом позволяет вести поиск минеральных вод на научной основе.

Известны и сероводородные источники, вода которых с неприятным запахом тухлых яиц излечивает различные недуги. Сероводород в подземных водах образуется в результате жизнедеятельности бактерий, которые существуют как в глубоких горизонтах, так и на поверхности земли. Но это необычные, особые бактерии, способные жить без кислорода. Пищей для них служат различные органические вещества — нефть, углеводородные газы и углекислые остатки. Поедая эти вещества, бактерии используют для «дыхания» кислород сульфатов. А сульфаты, разлагаясь, превращаются в сероводород.

Целебная сила некоторых минеральных вод заключается в содержании в них урана, радия или радона. Эти воды по своему составу очень сложны. Получаются они путем обогащения радиоактивными элементами, содержащимися в породах магматического и вулканического происхождения: гранитах, порфиритах, диабазах, различных туфах и лавах. Циркулируя в них по трещинам, вода обогащается радием, ураном или радоном.

Осадочные породы образуются в результате разрушения магматических пород, поэтому встречаются песчаники или глины, в которых отмечается повышенное содержание радиоактивных веществ. Они также являются источником обогащения вод радиоактивными элементами. Такого происхождения, например, цхалтубские радоновые воды.

Подземные минеральные воды иногда на своем пути обогащаются теплом, идущим из недр земли. К горячим минеральным источникам применим термин «термальные воды» (к термальным водам относят также, у которых температура выше температуры человеческого тела, то есть



37°). Большинство термальных минеральных вод тоже связано с молодыми горными породами.

Имеются и так называемые холодные минеральные воды. Они встречаются в основном в зоне многолетней мерзлоты. Температура их не превышает нескольких градусов. Горячая вода при движении из глубины подземных недр через толщу мерзлых пород охлаждается, и таким образом получают холодные минеральные воды.

## ЧУДО ПРИРОДЫ

Мы уже сообщили достаточно много различных сведений о воде, но не сделали главного: не дали определение — что же такое вода?

Когда кого-либо спрашивают, что вы знаете о воде, то большинство, недоуменно пожимая плечами, обычно отвечает: «А что, собственно, о ней можно знать? Вода — это вода! Всем известно, что вода — соединение водорода с кислородом. Формула воды —  $\text{H}_2\text{O}$ . Она говорит нам, что молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода».

В 1783 году английский физик Г. Кавендиш обнаружил, что водород и кислород, соединяясь при возникновении электрической искры, образуют воду. Опыт был повторен в Париже великим французским ученым А. Лавуазье, установившим, что вода является продуктом горения водорода и кислорода. Пропуская «горючий воздух» по раскаленной трубке, наполненной железной окалиной, Лавуазье получил воду. Тот же Лавуазье, наполняя трубку железными опилками и пропуская через них водяной пар, получил окалину и водород. Он же дал «горючему воздуху» его сегодняшнее имя — водород, то есть рождающий воду.

В 1785 году французские ученые А. Лавуазье и Ж. Менье определили количественный состав воды, выяснив, что при соединении 2 г водорода и 16 г кислорода образуется 18 г воды. В 1805 году немецкий естествоиспытатель Александр Гумбольдт и французский исследователь Гей-Люссак показали, что вода, разлагаясь, дает 2 объема водорода и один объем кислорода. Так была получена классическая формула воды —  $\text{H}_2\text{O}$  — и рассчитан ее молекулярный вес, равный 18.

Сегодня хорошо изучено и измерено взаимное распо-

ложение ядер атомов водорода и кислорода и расстояние между ними. Оказалось, что молекула воды целинейна. Вокруг ядер атомов кислорода и водорода, заряженных положительно, вращаются электроны, заряженные отрицательно. Электроны создают так называемое электронное облако. Но в связи с тем, что расположение ядер атомов водорода и кислорода асимметрично, возникают два полюса зарядов: положительный и отрицательный. Таким образом, молекула воды становится полярной. Полярность молекул объясняется их способностью притягиваться друг к другу. Молекулы-шары способны образовывать сложные группировки. При этом связи между молекулами могут усиливаться или ослабляться, в силу чего группа молекул может образовывать сгустки, цепочки или располагаться слоями, покрывающими друг друга. Расстояние между молекулами может увеличиваться или сокращаться, то есть между ними могут быть пустые пространства. Все зависит от температуры и давления среды, в которой находится вода.

Способность воды образовывать сложные ассоциации молекул ученые объясняют сегодня тем, что многие физические константы воды являются аномальными. Это подтверждается, в частности, многочисленными экспериментами ученых, которые опытным путем установили, что вода в отличие от других веществ при замерзании (затвердевании) не уплотняется, а расширяется. Если при  $4^{\circ}$  плотность воды максимальная и равна 1, а точнее — 0,9999, то при замерзании ( $0^{\circ}$ ) объем ее скачкообразно увеличивается на 10%, и плотность воды (льда) уже составляет 0,9168, то есть уменьшается. Почему происходит такое явление? На этот вопрос ответил советский ученый О. Я. Самойлов. Он показал, что молекулы льдоподобной воды расположены таким образом, что между ними возникают большие пустые пространства, а поэтому лед рыхлообразный, то есть легче, чем жидкая вода.

Представим себе на минуту, что вода не обладала бы этим чрезвычайно редким свойством. Что могло бы произойти? В этом случае жизнь на нашей планете не могла бы даже возникнуть. Лед, едва появившись на поверхности водоема, тут же погружался бы на дно. Не только ручьи и реки, но и океаны промерзли бы насквозь.

При охлаждении плотность воды, как и других веществ, увеличивается. Но это происходит только до определенного предела, до  $4^{\circ}$ . При охлаждении воды от  $4^{\circ}$  до  $0^{\circ}$  плот-

ность ее уменьшается. Такое ненормальное поведение воды имеет огромное значение для жизни. Осенью, при первых заморозках, когда резко падает температура воздуха, охлаждается и вода в водоемах. Охлаждение начинается сверху. Охладившаяся вода опускается вниз до тех пор, пока температура всего водоема не снизится до  $4^{\circ}$ . При такой температуре сохраняется жизнь в водоемах. В случае дальнейшего охлаждения воды водоем покрывается тонким слоем — льдом, защищающим воду от дальнейшего охлаждения.

Любопытна и еще одна закономерность, которая происходит в природе. Холодная вода, опускаясь, обеспечивает снабжение кислородом глубинных слоев океанов, морей, озер и рек. В свою очередь, теплые слои воды, поднимаясь вверх, выносят растворы солей и другие пищевые вещества в верхние слои. Все это способствует развитию жизни. Благодаря опять же удивительным аномальным свойствам воды жизнь в океанах и морях никогда не может исчезнуть.

Ученые провели интересные расчеты, которые наглядно показали, что если бы в воде упаковка молекул была плотной, то тогда плотность воды составляла бы  $1,84 \text{ г/см}^3$ , в действительности же она приближается к 1, а это значит, что даже при температуре  $4^{\circ}$  при максимальной плотности воды ее структура отличается ажурностью, то есть между молекулами имеются пустоты.

Чем объяснить, что у воды, этой внешне однородной жидкости, такой широкий набор плотностей? Ответ на этот вопрос, каким бы удивительным и неожиданным для нас он ни был, очевидно, один: вода обладает внутренними «запасами пространства», связанными с полостями и дырками в ее структуре. Изменение объемов этих полостей и приводит в итоге то к уплотнению, то к разрыхлению упаковки молекул и к изменению объемной плотности воды...

А вот другая аномальность: если бы вода состояла только из одиночных молекул, отстоящих друг от друга на равном расстоянии, то тогда температура ее кипения была бы равна  $63,5^{\circ}$ , но, в связи с тем что образуются различные ассоциации молекул, точка кипения воды при нормальном давлении возрастает до  $100^{\circ}$ .

Вязкость воды также имеет аномальность: в отличие от вязкости других жидкостей она снижается при повышении давления. Повышение температуры также понижает вязкость воды. Этот факт дает объяснение тому, что подзем-

ные воды даже на больших глубинах при высоких давлениях и температурах значительно подвижны.

Молекулярная вода обладает небольшим дипольным моментом и слабо ионизирована. В воде до какой-то степени растворимы все вещества (к счастью, эта степень для многих веществ крайне мала). Растворенное вещество остается в растворе благодаря другому исключительному свойству воды. Как известно, сила притяжения между положительными и отрицательными ионами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, умноженному на константу, зависящую от среды, в которой находятся ионы. Эта константа, называемая диэлектрической проницаемостью, у воды выше, чем у любого другого вещества. Чтобы сила притяжения между ионами в воде была такой же, как, например, в воздухе, расстояние между ионами должно быть в 9 раз меньше.

Из-за своей предельно высокой диэлектрической проницаемости жидкая вода в биосфере никогда не бывает химически чистой (в отличие от водяных паров и льда, который также может быть — часто бывает — чистым). Это, собственно говоря, не жидкая вода, а раствор, в котором всегда содержится некоторое количество водородных ионов, поскольку сама вода может их давать.

Мы являемся свидетелями и других удивительных свойств воды. В обычную формулу ее, как известно, входят два одновалентных атома водорода и один двухвалентный атом кислорода. Однако это не мешает водороду в действительности проявлять свойства, которые под силу элементу двухвалентному.

Чем объяснить это странное свойство? Известно, что молекулы удерживают друг друга благодаря слабым межмолекулярным взаимодействиям. Возникают эти связи в результате электростатического притяжения положительно заряженного ядра одной молекулы к отрицательно заряженной электронной оболочке другой. И хотя в значительной мере это притяжение компенсируется взаимным отталкиванием оболочек и ядер молекул, результирующий эффект взаимодействий достигает нескольких десятых килокалории на моль вещества. А вот между молекулами некоторых соединений, построенных с участием водорода, силы притяжения возрастают в десятки раз. Объясняется это незначительным атомным радиусом водорода и отсутствием внутренних слоев электронов, благодаря чему соседняя молекула получает возможность подойти к атому

водорода на очень близкое расстояние, не испытывая сильного отталкивания. Особенно подходящим соединением для образования «водородных связей» является вода.

Еще одно из аномальных ее свойств. Вода, как мы знаем, обладает огромной теплоемкостью. Чтобы нагреть, например, 1 л воды всего на  $1^{\circ}$ , требуется затратить не менее 1 калории тепла. Огромную удельную теплоемкость воды характеризуют, например, такие сравнения: удельная теплоемкость у керосина вдвое ниже, а у ртути едва составляет три сотых теплоемкости воды. Охладив  $1 \text{ м}^3$  воды на  $1^{\circ}$ , можно нагреть на  $3^{\circ}$   $1000 \text{ м}^3$  воздуха.

Это свойство воды также имеет колоссальное значение. Благодаря ему вода прекрасно смягчает климат на земном шаре. Она является как бы температурным регулятором. Весной и летом, медленно нагреваясь, вода охлаждает готовый накалиться воздух. В осенние же месяцы она выполняет обратные функции: медленно остывая, поддерживает определенную температуру воздуха.

Сегодня уже не вызывает никаких сомнений то, что именно из-за столь большой теплоемкости вода переносит огромные количества тепла из тропических морей в полярные. И в этом заслуга прежде всего теплых течений. Благодаря им и Англия, и Норвегия обладают сравнительно теплым климатом. И опять же главную роль в этом играют удивительные аномальные качества воды. Не будь у нее этих качеств, климат на Земле был бы значительно менее благоприятным для жизни, несравненно суровее были бы зимы и жарче летние периоды. Таким образом, вода играет роль как бы махового колеса природы и климата.

По сравнению с другими жидкостями вода обладает и еще одним чрезвычайно важным аномальным качеством — высокой скрытой теплотой плавления. Чтобы расплавить, например, 1 кг льда, надо затратить 79 больших калорий тепла! У стали этот коэффициент почти вдвое ниже, у свинца он ниже почти в 15 раз.

На первый взгляд кажется, что коэффициент этот не имеет столь большого значения. На самом же деле это спасает нас от катастрофических весенних наводнений. Из-за медленного таяния льда и снега почва вбирает в себя достаточное количество влаги и тем самым предотвращает в некоторых случаях гибель растений во время засух.

Следует заметить, что именно благодаря специфическим свойствам воды — аномалиям ее физических и хими-

ческих характеристик — в ней смогла развиваться и существовать жизнь. Леонардо да Винчи очень метко сказал: «Вода была дана волшебная власть стать соком жизни на Земле».

## КОГДА ОБЫЧНАЯ ВОДА НЕОБЫЧНА

Почти в течение столетия считалось, что вода изучена достаточно полно и о ней нечего больше сказать. Но вот в XX веке последовало одно открытие за другим. Вода постепенно из простого вещества все больше превращалась в вещество сложное.

В 1931 году Р. Берже и Д. Менцель установили, что кроме изотопа водорода с атомным весом 1 есть еще водород с атомным весом 2, названный дейтерием. Спустя некоторое время кроме дейтерия ( $\text{H}^2$ , или  $\text{D}$ ) был обнаружен еще тритий ( $\text{H}^3$ , или  $\text{T}$ ). Позднее было открыто, что существуют три изотопа кислорода —  $\text{O}^{16}$ ,  $\text{O}^{17}$  и  $\text{O}^{18}$ .

Все эти открытия дали основание утверждать, что может быть несколько соединений кислорода и водорода, образующих воду. По мнению крупного советского ученого академика И. В. Петрянова, возможно образование 42 видов воды, из них девяти устойчивых. В природных водах содержание тяжелых изотопов невелико.

В 1933 году Г. Лунс дистилляцией остатка воды после электролиза впервые получил утяжеленную воду удельного веса 1,035 (удельный вес обычной воды 1,00). Затем Е. Уошберном и Г. Юри была выявлена тяжелая вода  $\text{D}_2\text{O}$ . В 1951 году была получена сверхтяжелая вода  $\text{T}_2\text{O}$ . Исследования показали, что чистая вода всегда является смесью легкой воды —  $\text{H}_2\text{O}$  — и очень малых количеств тяжелой и полутяжелой воды.

Обычная вода — это не что иное, как смесь разных молекул. Одних в ней очень много, других ничтожно мало. Вот некоторые характерные цифры: на каждый атом дейтерия в воде приходится в среднем 6700 атомов протия. Иными словами, в 1 т речной воды, основную часть которой составляет легкая вода, содержится около 150 г воды тяжелой. В 1 т океанской воды около 165 г тяжелой воды. Содержание тяжелой воды в других природных водоемах также заметно колеблется. Реки ледникового происхождения беднее тяжелой водой, чем реки равнинные. В озерах же содержится в каждой тонне на 15—20 г больше тяжелой

воды, чем в реках. Интересны и другие сравнительные данные. Как ни странно, хлопья снега значительно беднее по содержанию дейтерия, чем, скажем, капли дождя, хотя и те и другие падают на нашу землю с неба. Как видите, моря, озера, реки, дождь и снег имеют различный изотопный состав.

Что же такое тяжелая вода? Это такая вода, в которой весь водород заменен на дейтерий. Молекулярный вес тяжелой воды равен 20, он на 2 единицы больше, чем у воды обычной. Тяжелая вода ни по цвету, ни по вкусу, ни по запаху не отличается от обычной, но у нее несколько иные физические свойства. Так, например, замерзает она при  $3,8^{\circ}$  тепла, а не при нуле, как вода обычная. Кипит тяжелая вода не при  $100^{\circ}$ , а при  $101,42^{\circ}$ . Вязкость ее также отличается от вязкости обычной воды: она на 20% больше. Максимальная плотность тяжелой воды при  $10,6^{\circ}$ . Удельный вес этой воды на 10% выше, чем у обычной, поэтому ее и называют тяжелой.

В тяжелой воде соли растворяются труднее, а растворы хуже проводят ток. Несколько ниже, чем у обычной воды, и химическая активность окиси дейтерия. У тяжелой воды есть и еще одно чрезвычайно интересное свойство: она жадно поглощает влагу, словно стремится разбавить себя обычной водой.

Тяжелая вода своеобразно воздействует на растения и живые организмы. В ней не живут микробы, не прорастают семена. Помещенные в нее головастики, черви, рыбы гибнут буквально через несколько часов. В сильно же разбавленной тяжелой воде они развиваются нормально.

В свое время многие ученые поспешили объявить тяжелую воду «мертвой водой». Утверждалось также, что тяжелый изотоп водорода тормозит обмен веществ и приводит организм к старению. Усвоив эти весьма сомнительные «истины», многие стали верить в то, что они продлят свою жизнь и избавятся ото всех болезней, если будут пить воду, очищенную от примеси тяжелого изотопа водорода. В качестве подтверждения своих воззрений отдельные ученые приводили примеры с горцами и северянами, которые якобы живут дольше, чем остальные смертные, из-за пониженного содержания дейтерия в питьевой воде, доказывали, что некоторые цветущие оазисы превратились в пустыни из-за накопления дейтерия. Они утверждали также, что рыбы мигрируют вверх по течению рек, а птицы соверша-

ют дальние перелеты с юга на север потому, что инстинктивно чувствуют пониженное содержание дейтерия.

Много и других весьма неаргументированных гипотез бытовало до последнего времени. Некоторые ученые делали выводы, что удаление дейтерия из воды превратит ее в необыкновенно сильный стимулятор жизни, поскольку растормозятся и активизируются обменные процессы. Животные и растения начнут усиленно размножаться, ускоренно наращивать живую массу, податливее развиваться в направлении, по которому подталкивает их человек. Животные станут и более выносливыми. Может быть, вода без дейтерия облегчит лечение таких тяжелых и загадочных заболеваний, как рак, заболеваний сердечно-сосудистой системы, многих душевных болезней и болезней обмена веществ. Все может быть. Но...

Как же дело обстоит в действительности? Чистая тяжелая вода и ее высококонцентрированные растворы действительно губительно влияют на живые организмы. Однако нам неизвестно, к каким последствиям может привести полное удаление дейтерия из воды. Неизвестна также и степень вредности воды с несколько повышенным в ней содержанием дейтерия. Отсутствуют данные и о накоплении его в организме.

Последние исследования советских ученых говорят о том, что тяжелая вода — вовсе не яд. Об этом свидетельствует такой, например, опыт. Когда ученые помещали микроорганизмы в тяжелую воду, то последние гибли. Но вот была сделана попытка поместить один из видов быстро размножающихся микроорганизмов в обычную воду, куда добавлялись постепенно все новые и новые порции тяжелой воды. Новые поколения микробов развивались в таком растворе некоторое время, пока они полностью там не акклиматизировались. Последовательно увеличивая концентрацию дейтерия, в конце концов удалось обычную воду заменить на тяжелую. Помещенные в нее микроорганизмы чувствовали себя в ней, как в нормальных условиях. Когда же микробов перенесли затем в среду с обычной водой, то они, как ни странно, погибли, как гибли прежде в тяжелой воде. Этот опыт лишний раз подтверждает, что тяжелая вода — это вода, которая имеет своеобразные свойства, присущие только ей одной...

Есть в природе и вода «живая».

Недавно советскими учеными были исследованы свойства воды, полученной после таяния льда. Оказалось, что



она обладает удивительными качествами. Она, например, биологически более активна. На Томской областной опытной станции были засеяны два равноценных участка: один — обычными низкосортными семенами, другой — такими же семенами, принявшими в день посева полутора-часовую снеговую «ванну». Когда перед уборкой сравнили оба участка, то выяснилось: «снеговые» растения значительно превосходили контрольные по высоте, толщине стебля, величине колоса. Общий же урожай их в пересчете на гектар был 18,3 ц, а на контрольном участке — лишь 11 ц.

Аналогичный эффект получен и при выращивании огурцов. Когда их поливали снеговой водой, они дали вдвое больший урожай. Цыплята и поросята, вспоенные снеговой водой, заметно обгоняли в росте своих собратьев, пивших только обычную воду.

«Чудо-водой» воспользовались и медики. Под руководством профессора Томского медицинского института Н. И. Торопцева изучалось влияние снеговой воды на больных с расстройством сердечно-сосудистой деятельности и нарушением обмена веществ. 25 больных различного возраста в течение трех месяцев по определенной системе пили только снеговую воду. В результате у всех значительно снизилось количество холестерина в крови, улучшился обмен веществ. Особенно благоприятно действует снеговая вода на людей, страдающих полнотой. Пройдя в течение трех месяцев курс лечения талой водой, такие больные теряли по 10—15 кг, хотя пищевой рацион при этом не менялся.

В чем же секрет удивительных свойств талой, или, как ее называют, снеговой, воды? Исследования показали, что структура талой воды значительно отличается от структуры обычной воды, которая уже «состарилась». Известно, что никаких особых молекул снега и льда нет. Лед и снег — это такие же ажурные агрегаты молекул воды, только с более жесткой конструкцией, чем у воды жидкой. Они тверды благодаря меньшей подвижности молекул при низких температурах. При таянии снега и льда эта геометрическая сетчатая структура может сохраняться в воде довольно длительное время. Значит, талая вода — не просто вода, а своеобразный раствор льда в воде. «Крупицы» такой воды также состоят из многих молекул. Это, как показали исследования, определенным образом ориентированные агрегаты. Талая вода является здесь как бы переходной ступенью от льда к воде обычной.

А если это так, то действие талой воды на растения и живые организмы при длительном употреблении может быть иным, чем действие обычной воды. Опытным путем установлено, что талая вода может некоторое время сохранять свои свойства. При нагревании такой воды часть ее агрегатов распадается. При кипячении ее свойства теряются совсем, хотя изотопный состав при этом совершенно не меняется.

Но только ли талая вода является «живой» водой? Вспомним старое поверье: хорошо поить скот грозовой дождевой водой. Да и для посевов летний дождик с грозой поистине живителен. Отличается такая вода от обычной прежде всего большим количеством ионизированных, положительно и отрицательно заряженных частиц. Следовательно, «живительность» такой воды можно и измерить. Она, как утверждают ученые, является величиной насыщенности воды электрическими зарядами. Это утверждение было подтверждено и рядом экспериментов. Ведь в воде содержится немало питательных веществ. А чем выше степень ее ионизации, то есть чем больше в ней заряженных ионов, электрически активных частиц, тем быстрее полезные вещества распадаются на составные части, легко усвояемые организмом.

Ионы помогают воде питать организм. Они же помогают бороться с «возмутителями спокойствия». Так, например, «серебряная вода», в которой много ионов серебра, — прекрасное средство для ликвидации воспалительных процессов, вызываемых бактериальными заражениями. (Получить «серебряную воду» нетрудно — достаточно под воздействием электрического тока растворить в обычной воде серебряные электроды.)

Конечно, все сказанное отнюдь еще не раскрывает тайны «живой» воды. Но одно можно считать установленным: степень электризации поглощаемой животными влаги имеет огромное значение для осуществления самых различных биологических процессов.

Трудно сегодня сказать, что сулят нам поиски на этом направлении науки. Можно лишь утверждать, что направление это весьма перспективное. И кто знает, не приведет ли оно нас к открытию закономерностей «питания электричеством», подобно тому как уже теперь установлены закономерности питания человека жирами, белками, углеводами?..

# ЗАГАДКИ ОМАГНИЧЕННОЙ ВОДЫ

Интересные изменения происходят в воде под влиянием магнитного поля.

Еще в 30-х годах советские физики Р. Берлаге, Ф. Горский, Г. Михневич и др. обнаружили, что при обработке перенасыщенных водяных растворов магнитным полем заметно изменяется процесс выпадения кристаллов. Было замечено также, что вновь приобретенные свойства воды после удаления ее из магнитного поля сохраняются несколько дней: вода «помнит» магнитное поле.

Особенно ценные результаты по изучению влияния электромагнитного поля на физико-химические свойства воды получены советским ученым, доктором технических наук В. И. Классеном и его коллегами. Было установлено, что под действием магнитного поля вода меняет свои основные физико-химические свойства: плотность, поверхностное натяжение, электропроводность. Особенно заметно меняется растворимость солей. Оказалось, что омагниченная вода, как правило, почти не образует накипи на стенках котлов.

Борьба с накипью на стенках котлов и отложениями на стенках трубопроводов издавна относится к числу наиболее сложных инженерных проблем. Обладая низкой теплопроводностью, слой накипи увеличивает расход топлива на обогрев котлов, заставляет повышать рабочие температуры в топке, что приводит к преждевременному износу деталей и порождает опасность взрыва при перегреве. Отложения же на стенках трубопроводов неумолимо уменьшают их пропускную способность. Одно из эффективных средств борьбы с накипью — омагничивание воды. В таком случае вместо прочного слоя накипи, который так трудно удалять, образуется рыхлый, легко смываемый порошок. Магнитная обработка воды, как показала практика, не требует ни капитальных затрат, ни реконструкции предприятия.

Омагниченная вода находит все более широкое применение и в процессах обогащения полезных ископаемых. Магнитная обработка пульпы на 40% повышает скорость флотации фосфорных руд и цветных металлов. Можно привести немало и других примеров воздействия омагни-

ченной воды на вещество. Она, например, значительно ускоряет твердение бетона.

Интересные исследования по вопросу воздействия омагниченной воды на живые биологические объекты выполнены советским ученым Н. Б. Адырхаевым. Он установил, в частности, что влияние самого магнитного поля непосредственно на организм незначительно, но становится очень сильным, если связано с водой, прошедшей магнитную обработку. Адырхаев поставил любопытный эксперимент. Обычно для получения магнитной воды воду пропускают через зазор между различными полюсами магнита — «северным» и «южным». Ученый поступил иначе. Он построил специальную установку, с помощью которой можно получать униполярные поля.

Омагничивая воду лишь северным или южным полюсом магнита, Адырхаев получил воду с несколько необычными свойствами. Если вода, прошедшая обработку магнитом с двумя полюсами, способна сохранять новые свойства в среднем лишь в течение трех суток, то вода, обработанная на униполярной магнитной установке, не утрачивает приобретенных свойств в течение нескольких недель. Эксперименты с униполярной водой позволили получить интересные результаты в биологических исследованиях. Зафиксированы, например, факты увеличения потомства у белых крыс, прибавки в весе цыплят, некоторое время пивших униполярную воду.

В чем же причина столь необычного воздействия омагниченной воды на объекты живой и неживой природы? Ученые объясняют это изменением геометрической структуры молекулы воды под действием магнитных полей. Как известно, молекулы воды испытывают довольно сильное взаимное притяжение. Благодаря тому что заряды в молекуле воды располагаются по схеме тетраэдра, каждая молекула может легко связываться с другими с помощью одинаковых водородных связей. Поэтому масса воды представляет собой скопления отдельных молекул — целые агрегаты, состоящие из молекул. Этим, например, объясняется удивительно правильная, симметричная структура снежинок и кристаллов льда. Но если это действительно так, то можно предположить, что магнитная обработка воды определенным образом ориентирует и перестраивает ее молекулы, а это в свою очередь ведет к изменению физико-химических свойств воды.

Процесс омагничивания воды и загадочные явления,

связанные с ним, вызвали ряд дискуссий. Правда, сегодня уже никто не спорит о том, эффективно ли омагничивание: магнитная обработка воды используется широко и уже приносит огромный экономический эффект в самых различных отраслях народного хозяйства. Спор концентрируется главным образом на том, чем объяснить наблюдаемые явления: изменениями, происходящими в самой воде, или же влиянием находящихся в ней примесей?

Пытаясь отыскать истину, В. И. Классен пишет: «Ожесточенные споры часто вызываются несогласованностью в терминологии. Под словом «вода» физики понимают абсолютно чистое вещество, то есть вещество, состоящее только из молекул  $H_2O$ . Однако абсолютно чистая вода — это лишь абстракция, потому что в любой воде (и в той, с которой имеют дело на практике, и даже в той, с которой проводят научные исследования) всегда есть большее или меньшее количество примесей, не говоря уже о неизбежной диссоциации воды на ионы  $H$  и  $OH$ .

Опытам с омагниченной водой свойственна определенная неустойчивость результатов. Но из этого можно сделать различные выводы. Одни исследователи считают, что неустойчивость результатов нацело компрометирует всю проблему; другие (и я в их числе) полагают, что на процесс омагничивания дополнительно влияют некоторые неизвестные пока факторы, которые надо настойчиво искать...

Меняет ли магнитная обработка воды ее структуру? Один из прямых методов оценки изменения структуры воды состоит в изучении ее инфракрасного спектра в области  $3450\text{ см}^{-1}$ . Недавно такие опыты были проведены в нескольких институтах. И оказалось, что магнитная обработка приводит к возрастанию поглощения в указанной области на 30—40%. Затем, в течение примерно суток, поглощение самопроизвольно снижается до обычного. Это, конечно, не вскрывает причин изменения структуры воды, но доказывает, что какое-то изменение все же происходит...

Итак, как бы то ни было, вода все же обладает «структурной памятью». Правда, остаются неясными причины, столь резко замедляющие структурные превращения. Возможно, в этом как раз и повинны какие-то примеси. Например, изменение структуры воды может быть вторичным результатом магнитной обработки, а не единственной причиной изменения ее свойств. В частности, мы уделяем

большое внимание роли растворенных газов, особенно кислорода.

Словом, сейчас еще не существует теории, объясняющей природу процессов, происходящих при магнитной обработке воды; однако, когда такая теория и будет создана, она не скомпрометирует результаты экспериментов».

Полемизируя с В. И. Классеном, научные сотрудники кафедры технологии воды Московского энергетического института О. И. Мартынов, В. Т. Гусев и Е. А. Леонтьев в статье «К вопросу о механизме влияния магнитного поля воды» пишут: «Для подавляющего большинства публикаций характерна прежде всего весьма вольная трактовка понятия «вода», граничащая подчас с непониманием того, что между веществом, отвечающим формуле  $H_2O$ , и водопроводной, речной и даже дистиллированной водой — очень большая разница». Далее они утверждают, что особая чистая вода не меняет своих физико-химических свойств после омагничивания. На вопрос «Почему магнитная вода не дает накипи?» они отвечают, что магнитная обработка может дать результаты только в том случае, если ей подвергается перенасыщенный раствор: только тогда могут образоваться зародыши твердой фазы, предотвращающие образование плотного слоя накипи. В заключение своих доводов исследователи объясняют, почему перенасыщенный раствор кристаллизуется после прохождения через магнитное поле. Любая, даже обычная дистиллированная вода содержит немало гидратированных форм окиси железа. А эти соединения, как известно, обладают ферромагнитными свойствами, и их коллоидные частички при прохождении через магнитное поле должны интенсивно двигаться. В результате, как и при простом энергичном перемешивании, перенасыщенный раствор должен закристаллизоваться.

Приведем еще одно весьма авторитетное высказывание известного итальянского ученого, профессора Дж. Пиккарди, которое во многом проливает свет на проблему, связанную с омагничиванием воды.

«Вот уже тридцать лет, как я занимаюсь исследованием самого простого и самого таинственного вещества на свете — обыкновенной воды. Глава «Вода» в великой книге познания занимает большое место, но пока она только начата.

Вода — вещество с удивительными свойствами. С точки зрения химика, ее поведение совершенно необыч-

по. До сравнительно недавнего времени никто не сомневался в том, что реакции, происходящие в водной среде, как и любые другие химические реакции, при одинаковых условиях (температуре, давлении, освещении) обязательно дают один и тот же постоянный результат. Представьте мое удивление, когда, работая с коллоидными растворами (коллоид — взвесь мелких частиц в воде), я обнаружил, что одна и та же реакция осаждения, если она достаточно чувствительна, при прочих равных условиях протекает в разное время с разной скоростью. Отклонения в скорости, однако, столь малы, что невоспроизводимость реакций выявляется лишь статистически.

Уловив, точнее, угадав эту тонкую разницу, мы решили проверить предположение серией специальных опытов.

Одна и та же реакция с помощью несложного смесителя начиналась одновременно в нескольких пробирках. Чтобы установить, влияют ли на ход процесса «внешние» воздействия (мы уже говорили, что реакция проходила всегда в одних и тех же условиях), часть пробирок мы защищали тонким металлическим экраном. Металл, как известно, экранирует электромагнитные волны. Мы же рассуждали: «А что, если реакция осаждения зависит от напряженности окружающего магнитного поля, постоянно изменяющегося?» Значит, «сегодня» в корне отличается от «вчера»?

Реакция зависит от момента времени — этому трудно было поверить. Все отклонения от констант химии относили раньше за счет погрешностей самого эксперимента. Но после долгого ряда бесплодных попыток устранить «воображаемые погрешности», не обращать внимания на упорно повторявшийся, хотя и необъяснимый, факт невоспроизводимости реакции осаждения нам пришлось все же признать его существование и приняться за его исследование.

Невоспроизводимость одной и той же реакции в разное время говорила по крайней мере о двух вещах: во-первых, о том, что в окружающем пространстве постоянно действуют изменяющиеся силы, ранее не учитываемые; во-вторых, о том, что вода способна реагировать на воздействие этих сил.

Так удалось доказать влияние магнитного поля Земли на скорость некоторых химических реакций в водных растворах.

# ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДЫ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Наступление на воду ученые ведут по всем направлениям. Одни изучают поведение воды при высоких давлениях и температурах, близких к существующим в недрах земли, другие заняты ее внутренней структурой, третьих интересуют изменения физических свойств воды при взаимодействии с теми или иными веществами.

Серьезного внимания заслуживает сегодня так называемая «скользящая» вода, которую получили ученые в результате больших экспериментальных работ. Речь идет об удивительных свойствах, которые может приобретать вода в зависимости от природы растворимых в ней примесей. Было обнаружено, что можно значительно изменить свойства воды, если добавить в нее даже ничтожные количества одного из растворимых полимеров — полиэтиленоксида. В этом случае и получается так называемая «скользящая» вода. Она течет по трубам почти втрое быстрее обычной. Струя такой воды из шланга бьет в два с половиной раза дальше. Гораздо быстрее в ней движутся и различные тела. «Скользкую» воду начинают применять и для тушения пожаров.

Интересный эксперимент проделала американская фирма «Юнайтед карбайд» совместно с пожарной командой Нью-Йорка. После введения в пожарный рукав полнокса — вещества, производящегося этой фирмой, расход воды возрос на 50—70%, а струя «удлинилась» с 37 до 60 м. Когда же щепотку полнокса бросили в аквариум с рыбками, последние стали плавать быстрее.

Экспериментами с водой и полноксом заинтересовалось морское ведомство Англии. Во время испытания только что построенного судна раствор, содержащий полнокс, выливали в воду через щели в бортах судна. В результате скорость судна возросла, сопротивление движению снизилось на 20%, на 15% снизился расход горючего.

Медики надеются применить полнокс для борьбы с повышенной турбулентностью крови, которая возникает при сужении крупных кровеносных сосудов и клапанов сердца.

Что же это за вещество, которое, соединившись с водой, повышает ее текучесть?



Полнокс, или окись полиэтилена,— полимер, молекулы которого представляют собой длинные цепочки. Известен он сравнительно давно, однако до последнего времени механизм его воздействия на воду все еще по-настоящему не изучен, многое еще остается загадкой. Некоторые ученые считают, что в воде цепочки полимера распрямляются в направлении движения, уменьшая таким образом и трение струй друг о друга, и турбулентность.

Ученые открыли и так называемую «сухую» воду. Она похожа на муку. Если на нее подуть — рассеивается в воздухе, как дым от сигареты. Это порошок, состоящий из 90% обычной воды и 10% гидрофобной (водоотталкивающей) кремниевой кислоты.

Гидрофильные (притягивающие воду) соединения кремниевой кислоты довольно часто встречаются в природе (например, в кварце и полудрагоценных камнях) и даже синтезируются искусственно. А вот гидрофобной кремниевой кислоты в природе не существует. Несколько лет назад химики впервые получили ее искусственно. Гидрофобная кремниевая кислота нашла применение в различных областях промышленности, в частности в каучуковой, для усиления водоотталкивающих свойств каучука. Однажды химики попытались смешать это водоотталкивающее вещество с водой в соотношении девять к одному: девять частей воды и одну часть кислоты. Пытаясь перемешать содержимое, сильно встряхнули сосуд и... вода исчезла. В сосуде оказался белый порошок. Он не превратился в «мокрую» воду, его можно было хранить как угодно долго.

Как же вода стала «сухой»?

В результате встряхивания в воде образуются мириады мельчайших капель. Эти капельки мгновенно покрываются тонким слоем кремниевой кислоты и, поскольку она отталкивает воду, не могут соединиться вновь. Таким образом, эта «водная пудра» представляет собой огромное количество изолированных друг от друга водяных капель.

«Сухая» вода окажется очень полезной при производстве различных порошкообразных продуктов. Добавка всего лишь 0,5% ее устранил образование комков. «Сухая» вода сделает «вечными» и порошковые огнетушители.

Как видите, ученые продолжают изо дня в день исследовать воду, открывая в результате все новые и новые, весьма ценные ее свойства.





# ОКЕАН ЗАГАДОК

# К ТАЙНАМ ОКЕАНА

Пожалуй, ни о чем на нашей планете не писалось в стихах и прозе больше, чем о море. Начиная с самых древних времен, когда рождались многочисленные легенды и мифы о нем, и до наших дней человек не устал воспевать безбрежную синь морей и лунные дорожки, бесконечно бегущие волны и причудливые узоры легкой пены. И тем не менее океан ныне — это океан загадок. Ведь мы столько же знаем сегодня о море, сколько знали, скажем, об электричестве во времена Бонапарта.

Не случайно человечество все пристальнее вглядывается в глубины морей и океанов. Не случайно современная наука широким фронтом ведет наступление на их загадки. Особенно много делается в этом направлении в СССР.

С первых лет Советской власти организации гидрографических экспедиций в нашей стране уделяется большое внимание. В 1921 году В. И. Ленин подписал декрет об учреждении Морского Плавучего института. В 1923 году в свой первый научный рейс вышло советское исследовательское судно «Персей». На «Персее», который по праву называли морским вузом, проводили исследования в Белом, Баренцевом и Карском морях. На нем получили крещение многие советские океанологи старшего поколения.

Каждый год в моря и океаны — от Арктики до Антарктики — выходит армада советских кораблей науки — самый мощный исследовательский флот в мире, насчитывающий более двадцати крупных кораблей, способных совершать длительные океанские плавания, и множество более мелких судов, предназначенных для исследований в морях, омывающих нашу страну.

На судах академического флота, находящихся в различных концах света, изучаются теоретические проблемы океанологии, динамические процессы в океане, связанные с переносом на многие тысячи километров гигантских масс воды (а вместе с ними и тепла) и в значительной мере определяющие погоду на континентах. Для правильной оценки океанического влияния на погоду необходимо знать и законы движения водных масс — от течений планетарных размеров до мельчайших волн на поверхности воды. Чрезвычайно важное значение имеют и процессы взаимодействия океана и атмосферы — обмен между ни-

ми теплом, влагой, количеством движения. Кораблями науки выполняются также геологические, геодезические и биологические исследования.

Морские экспедиции проводятся и по междупародным программам. В таких экспедициях, например, участвовал флагман академического флота корабль «Академик Курчатов»; он вместе с кораблями других стран изучал верхнюю мантию Земли. Корабли «Академик Вернадский» и «Михаил Ломоносов» участвовали в исследованиях глобального масштаба, в так называемом тропическом эксперименте. В него входит изучение взаимодействия масс воды и атмосферы в экваториальных зонах Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Полученные материалы нужны для того, чтобы объяснить процессы, образующие климат планеты, выявить новые, еще неизвестные течения и т. д. Тропический эксперимент — первая попытка построить математическую модель циркуляции атмосферы и океана с учетом взаимодействия между ними.

С каждым годом растут и крепнут контакты океанологов СССР и США — стран, обладающих наибольшим научным и техническим потенциалом в этой области. Соглашениями предусмотрена совместная разработка самых актуальных проблем динамики океана и атмосферы над ним, биологии, химии, геологии и геофизики океана.

Многочисленные исследования, проводившиеся не одно десятилетие на специальных кораблях разными научными коллективами, дали уже очень многое. Например, в области изучения динамики океана ученые получили весьма четкие представления о течениях, включая и глубинные. В результате полигонных экспериментов в Атлантике ученые знают теперь, что значительная часть механической энергии океана заключена в движениях средних масштабов (несколько сотен километров), типа циклонов в атмосфере или так называемых волн Рассби. Имеются важные сведения и о турбулентных движениях.

Результаты большой важности получены и в области геологии и геофизики океана. Этому способствовали работы американских ученых на научно-исследовательском судне «Гломар Челленджер», оснащенном специальным судовым оборудованием. В этих исследованиях принимали участие и советские ученые.

Все процессы, протекающие в океанах и морях, в основном определяются особенностями их водной массы —

ее огромным объемом, перемешиваемостью, теплоемкостью, идеальной способностью растворять самые различные химические соединения, наличием в ней солей, насыщенностью жизнью, остатками и продуктами жизнедеятельности живых организмов. Все процессы и явления в Мировом океане взаимосвязаны и взаимообусловлены. Эта взаимосвязь и взаимообусловленность достигает в морской среде такой высокой степени, какой мы не знаем в других средах.

Исследования советского корабля науки «Витязь» в Тихом океане подтвердили правильность многих положений. Мысль о взаимосвязи и взаимообусловленности явлений в океане легла в основу созданного советскими исследователями учения о биологической структуре океана. Наши ученые впервые создали карты количественного распределения жизни не только в отечественных морях, но и в Тихом, Индийском океанах и в водах Атлантики. Биологами изучены основные виды организмов (вплоть до самых больших глубин), особенности их поведения, их миграция.

Химия океана дала нам сегодня весьма четкое представление о составе воды и показала, что в ней присутствуют практически все элементы Перподической системы.

Наука многого достигла и в изучении волн, их образования и поведения. Следует сказать, что учеными пока мало изучены внутренние волны. Когда, например, вы видите спокойную водную гладь, это не значит, что все спокойно в глубине. Не исключено, что там бегут волны, размах которых может достигать десятков метров.

Какими же техническими средствами — приборами и аппаратами — исследуют сегодня ученые моря и океаны?

Батискаф — самая совершенная глубоководная машина. По опустить и поднять его с корабля — большая проблема. Это сопряжено к тому же с возможными неожиданностями, которые могут быть опасны для жизни человека, заключенного в мощную броню, но практически беспомощного в случае аварии. Поэтому для широких исследований океанского дна гораздо проще опускать рабочие механизмы, а не людей. Сегодня ученые уже имеют достаточно приборов, которые выполняют отдельные работы по исследованию океана, заменяя человека. Например, относительно легкая и простая по сравнению с батискафом телевизионная камера может дрейфовать вместе с судном и вести непрерывный репортаж с глубин океана. Подвод-

ное телевидение — зоркие глаза ученых. За последние годы созданы различной конструкции и назначения «роботы», глазами которых являются телевизионные камеры, памятью — фотоаппараты, а руками — манипуляторы, способные выполнять десяток видов движений. Управление такими роботами осуществляется с борта корабля. Телемеханическая система управления обеспечивает четкую работу установки и всех ее служб — телекамер, фотоаппаратов и манипуляторов. Такая установка может работать на глубине 4—6 км, точно выполняя все присущие ей операции во мраке океанских глубин.

Учеными создан и любопытный прибор для исследования дна океана. Он представляет собой грунтовую трубку, снабженную реактивным устройством. Когда ее опускают за борт, она свободно погружается в глубину. В непосредственной близости от дна автоматически включается реактивный двигатель, трубке сообщается ускорение, и она вонзается в грунт. Теперь включается второй реактивный двигатель, который вытаскивает наружу трубку и захваченную ею колонку грунта. После этого — тоже автоматически — заполняется газом баллон, прикрепленный к прибору, и океанолог-автомат всплывает на поверхность моря, неся с собой добытые образцы донного грунта.

На вооружении океанологов имеются и спутники.

Специальные океанографические спутники Земли могут теперь с помощью инфракрасных радиометров измерять температуру поверхности океана, определять место выхода на поверхность глубинных вод, а также аномальных водных образований.

Телевизионная и фотографическая аппаратура на борту спутников передаст на Землю высококачественные снимки, по которым можно судить о границах аномальных образований в морях и океанах, о границах, возрасте и толщине морского ледового покрова; обнаружить айсберги.

Хотя «возраст» космической океанологии исчисляется всего лишь несколькими годами, полученные результаты говорят о ее большой эффективности.

У нас в стране ведется планомерное исследование Мирового океана с использованием средств космической техники. Эти исследования выполнялись и выполняются искусственными спутниками Земли серий «Космос», автоматическими станциями «Зонд-5», «Зонд-6» и «Зонд-7», пилотируемыми космическими кораблями.

# ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Основная тайна океана — тайна воды. Сегодня ученые уже многое знают о морской воде, особенно о воде, взятой с поверхности моря. Вот только некоторые интересные данные о ней. Оказывается, морская вода — прекрасный растворитель. В ней растворяются почти все вещества. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть на таблицу химического состава морской воды. Около семидесяти элементов Периодической системы содержится в ней в обнаруживаемых количествах. Даже редкие и радиоактивные элементы находятся в водах морей и океанов.

Все имеющиеся в морской воде элементы перечислять трудно и долго, поэтому назовем лишь те, которые находятся в ней в наибольшем количестве. Это хлор, натрий, магний, сера, кальций, калий, бром, углерод, стронций, бор. Одного только золота растворено в водах океана по 3 кг на душу населения Земли! Но большинство элементов (в том числе и золото) добывать из морской воды нерентабельно.

Больше всего из морской воды добывают соли. Почти треть мирового потребления соли приходится на морские промыслы.

В 1 м<sup>3</sup> океанской воды содержится 1330 г магния. Добыча «морского» магния составляет более 20% его мирового потребления. Только в США более половины потребляемого магния покрывается получением его из морской воды.

В 1 м<sup>3</sup> океанской воды содержится 400 г калия. Калий, добытый из морской воды, находит широкое применение в изготовлении ценных удобрений.

В 1 м<sup>3</sup> океанской воды растворено 68 г брома. Сегодня такие высокоразвитые страны, как США, Япония, Англия, Канада и др., получают из морской воды около 100 000 т брома в год. Велик на него спрос медицинской, фотографической и других отраслей промышленности.

В 1 м<sup>3</sup> океанской воды содержится 2—3 мг урана. Учеными разработаны в настоящее время эффективные способы его получения из морской воды в значительных количествах.

Особенно широко используется ныне так называемая



рапа (солевые растворы), из которой комбинаты, построенные на берегах морей и океанов, вырабатывают десятки различных химических продуктов, необходимых многим отраслям промышленности и сельскому хозяйству.

Продолжать перечень элементов, которые можно извлекать из морской воды, вряд ли есть необходимость. Скажем только, что возможности использования растворенных в водах океана веществ поистине безграничны. И хотя малая концентрация пока исключает рентабельную добычу большинства из них, есть все основания считать сегодня морскую воду рудой будущего.

А вот отложения осадочных пород — конкреции — являются сегодняшней рудой. Ими покрыта приблизительно одна десятая часть морского дна. Запасы, например, марганцевых конкреций в океане оцениваются в 1500 млрд. т, железа — 207 млрд. т, алюминия, магния, никеля, олова, меди и других металлов — также миллиардами тонн.

Если химики дали нам четкое представление о составе воды и показали, что в ней присутствуют практически все элементы Периодической таблицы Менделеева, то морская поверхность в научном отношении до последнего времени была наименее изученной областью. Биологи подчас даже сторонились этого «безнадежного» участка. В самом деле, что можно встретить интересного в приповерхностном слое многокилометровой толщи вод, где всегда гуляют разрушительные волны, где летом слишком тепло, а зимой холодно, где сказывается губительное действие ультрафиолетовых лучей солнечной радиации, а все живое поедается морскими птицами и рыбами? Не случайно поэтому, что не только мысли, но и приборы биологов были устремлены в толщу воды, где, казалось, условия для жизни должны быть неизмеримо благоприятнее.

Однако, преодолев заблуждения, биологи, изучая поверхностный слой морей и океанов, получили за последние полтора десятка лет поистине уникальные результаты, полностью опровергающие прежние гипотезы «безнадежности» верхних участков моря. Особенно интересным оказался 5-сантиметровый поверхностный слой. Именно здесь находится богатая кормовая база, способствующая большому скоплению мелких беспозвоночных, которые не могут существовать без пищи, состоящей из еще более мелких организмов, тоже обнаруженных в этом слое. Двигаясь все ближе к поверхности, биологи дошли до самых мелких существ в слое воды, где, как было принято счи-

тать, свирепствует «бактерицидная» ультрафиолетовая радиация; здесь было найдено самое мощное скопление бактерий из всех известных в морской толще.

Так, учеными была восстановлена вся цепь организмов, населяющих область пленки поверхностного натяжения воды, так называемый нейстон, который состоит из двух ярусов: водного, или гипонейстона, и подводного (обитатели хлопьев пены и воздушной стороны поверхностной пленки), или эпинейстона. Изучая составляющую нейстон морскую пену, ученые установили, что она биологически активное вещество, способное существенно стимулировать рост и развитие зародышей и личинок морских животных, рост морских растений и даже прорастание пшеницы. Как не вспомнить мифы о рождении из морской пены Афродиты — богини любви и плодородия...

До недавнего времени считалось, что нейстон существует только на поверхности небольших пресноводных прудов и луж; ученые не ожидали, что беспокойная поверхность моря может иметь свой нейстон. Более того, оказалось, что морской нейстон, особенно гипонейстон, гораздо важнее пресноводного. Это, по сути дела, главнейший «инкубатор» моря, в котором развиваются зародыши самых разнообразных его обитателей — от моллюсков и крабов до рыб. Уловы сетью показали, например, что икришки многих рыб и личинки кефалей оказались на самой поверхности моря, в верхнем 5-сантиметровом слое воды. Здесь же были обнаружены личинки многих других видов рыб, которые на глубине более 5 см от поверхности встречались в ничтожных количествах.

Когда учеными была раскрыта структура нейстона и понята его роль, тут же возник другой вопрос: почему область пленки поверхностного натяжения, эта «биологическая пустыня», стала ареной столь интенсивных и важных для жизни моря биологических процессов? Какие причины породили и поддерживают этот сгусток жизни, этот питомник, где растет завтрашний день моря?

Новейшие работы по химии моря показали, что у нейстона имеется прочный фундамент: морская поверхность является областью, куда непрерывным потоком поступает неживое органическое вещество, растворенное в толще воды. Его можно увидеть невооруженным глазом, когда оно образует так называемые штилевые полосы, хорошо заметные при слабом ветре, или хлопья пены — при волнении. Именно неживое органическое вещество, наиболее

полно и зримо представленное пеной, служит той питательной средой, на которой бурно развиваются бактерии, а за ними и все остальные звенья цепи живых существ. Пенообразование протекает непрерывно, и это обеспечивает существование все новых и новых поколений яиц и личинок беспозвоночных и рыб. Область пленки поверхностного натяжения воды — наиболее богатая кормом зона, и не случайно рыбы и беспозвоночные в процессе эволюции обеспечили своим ранним стадиям развития «путевку» в этот «санаторий».

Сам нейстон является невидимкой. Скрываясь от зорких глаз морских птиц, он настолько маскируется, что его даже трудно заметить с борта судна.

Нейстон настолько заинтересовал ученых, что сегодня возникла необходимость создать специальный раздел науки — нейстопологию — одну из самых молодых и перспективных областей биологии моря. Знания о нейстоне необходимы ученым для лучшего понимания биологической структуры моря и его продуктивности, для изучения круговорота вещества в природе и действия радиоактивных выпадений. Развитие нейстопологии поможет также решать вопросы разведки скоплений промысловых животных и восстановления их запасов, определять последствия загрязнения моря нефтепродуктами и т. д.

Итак, воды Мирового океана уже сбросили свое первое покрывало. Но и сейчас еще остаются не раскрытыми многие их тайны, в частности по-настоящему еще не исследована вода морской бездны — больших глубин.

По добытым учеными образцам (пробам) можно судить, что на больших глубинах вода из-за огромных давлений или по каким-то другим, неизвестным нам причинам имеет весьма сложную структуру. Это уже не просто  $H_2O$ , а целая молекулярная цепочка. Другими словами, речь идет о молекуле, похожей на органическую. Раскрытие этих тайн — задача науки будущего.

## **СНОВА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ФЕНОМЕНЫ**

Участники научных морских экспедиций открыли за последние годы целый ряд гидрологических феноменов.

В 1 л воды, взятой на любых глубинах в Атлантиче-

ском, Тихом или Индийском океанах, содержится около 3,5 г солей, или 35 промилле, как говорят океанологи. В морях же, за исключением тропических, солей еще меньше. Самая соленая вода оказалась в Суэцком заливе Красного моря. В литре воды здесь содержится несколько более 4,3 г солей. Казалось бы, трудно ожидать новых открытий. Однако в 1964 году в Красном море было обнаружено несколько очагов с ненормально высокой температурой и соленостью воды. Американские экспедиции на судах «Альбатрос» и «Атлантик-II» нашли такой очаг в придонном слое в южной части Красного моря. Английские океанологи в этом же году провели повторные наблюдения в одной из впадин глубиной более 2000 м и обнаружили воду с температурой 44° и соленостью 270 промилле.

В 1966 году в центральной части Красного моря провела океанографические работы советская экспедиция на исследовательском судне «Академик С. Вавилов». В результате тщательных исследований придонных вод было установлено, что вода в небольшой впадине глубиной около 2000 м имеет соленость 280,7 промилле. Высокой оказалась здесь и температура придонной воды — 44°! До сих пор максимальная температура воды Мирового океана была зарегистрирована в Персидском заливе, она составляла 36°.

Во время плавания американского исследовательского судна «Океанограф» ученые обнаружили еще один горячий очаг на дне Красного моря. Он представляет собой яму шириной около 9 м на дне и до 12 м наверху. Это оказался самый горячий из всех открытых ранее очагов: температура воды в нем достигает 72,5°. А соленость воды здесь такая же, как и в остальных очагах.

Рассматривая происхождение этой аномальной воды, ученые строят различные гипотезы. Одни полагают, что такая вода могла образоваться в результате испарения с поверхности моря в мелководных районах. Другие считают более вероятным, что такая вода — следствие растворения соляных отложений, залегающих на морском дне. Значительная плотность этого концентрированного раствора препятствует движению конвективных токов через промежуточный слой, и в итоге поступление тепла от внутренних частей земли приводит к повышению температуры. Температурный градиент, наблюдаемый в переходном слое, указывает на то, что потеря тепла в направлении к

поверхности составляет приблизительно 6 мккал на 1 см<sup>2</sup>/сек, что сопоставимо с тепловым потоком, идущим через морское дно в районах высокой тектонической активности, таких, как центральная часть Красного моря.

Ученые связывают правомерность образования аномальных вод и с другими факторами, в частности с происхождением из иловых вод древних осадков...

Интересное явление обнаружено и у западных берегов Атлантики. Там находится участок океана диаметром около 30 м, откуда можно черпать... пресную воду. Происхождение такого источника долгое время не удавалось объяснить. Теперь установлено, что на дне этого участка имеется впадина глубиной до 40 м, из которой бьет мощный фонтан — источник пресной воды. Он-то и достигает поверхности океана. Такой источник — поистине находка в океане. Проходящие мимо суда часто пользуются этим «бесплатным хранилищем» пресной воды для пополнения запасов питьевой воды на борту.

С любопытным явлением встретились в 1957 году участники Второй советской антарктической экспедиции у берегов Антарктиды. Среди пояса дрейфующих льдов, окружающих Антарктиду, они обнаружили совершенно свободное ото льдов пространство площадью 119 тыс. км<sup>2</sup>, где кормились стада китов. Температура воды на поверхности доходила здесь до +3°, и только на глубине 75—100 м наблюдался переход к отрицательным температурам. На глубине 250—400 м температура воды, как показали неоднократные промеры, была ниже —1,9°. Таких прогретых поверхностных и выхоложенных придонных вод в Антарктиде ученые больше не встречали. Это был залив Прюде — настоящий морской антарктический оазис.

В 1961, 1965 и 1967 годах советские ученые провели комплексные исследования в этом заливе. Они выполнили и океанографическую съемку. В завершение исследований ученые осуществили промер глубин по 33 разрезам. Последние показали, что дном залива является материковая отмель.

Наиболее высокая температура воды в поверхностном слое наблюдалась в северной части залива. Далее в глубь залива температура хоть постепенно и понижалась, по все же оставалась положительной. В прибрежной части, у берега Ингрид Кристенсен, температура вновь повысилась до +1°. Теплые глубинные воды обнаружены в западной и центральной частях залива. Под глубинными водами и

прогретыми водами в южной и восточной частях залива лежат холодные придонные и шельфовые воды с температурой до  $-1,9^{\circ}$ .

В водах залива обнаружено большое количество планктона. Следствием этого является и значительное число здесь птиц, китов и других животных.

Чем же объяснить такие аномальные условия — теплые воды на поверхности и холодные на глубине — в заливе Прюдс? В результате тщательных исследований ученые пришли к выводу, что подобное своеобразие в режиме залива объясняется существованием там стационарной полыньи, образующейся под воздействием ветров. В зимнее время в полынье происходит интенсивная вертикальная циркуляция вод, сопровождаемая выхолаживанием глубоких слоев. Весной полынья является аккумулятором солнечного тепла. Поверхностные воды лучше прогреваются, а это в свою очередь ведет к увеличению скорости таяния льдов. Как показали наблюдения, слой летнего прогрева наиболее велик у южных берегов: он достигает здесь толщины более 100 м. Далее к северу толщина этого слоя уменьшается до 20—30 м. Кроме того, выдающийся к северу полуостров Челюскинцев препятствует поступлению в залив дрейфующих льдов с востока, из моря Дейвиса. Южная кромка этих льдов проходит по северной границе залива Прюдс.

Таким образом, аномальные гидрологические условия залива делают его своеобразным морским теплым оазисом среди холодных вод у берегов Антарктиды.

Не исключено, что в ближайшее время будут открыты и новые гидрологические феномены.

## РЕКИ В ОКЕАНЕ

Тысячелетия люди плавают по морям и океанам, пересекают их на плотах, папирусных лодках и роскошных лайнерах. Совершая путешествия, моряки уже в глубокой древности знали о том, что в Мировом океане есть несколько мощных водных потоков: Гольфстрим, Куросиwo, постоянно действующие пассатные течения и экваториальные противотечения, идущие против ветра. Используя эти течения в навигационных целях, моряки наносили их на карты, передавали сведения о них потомкам.

Ученые считают, что причина возникновения таких течений — поток лучистой энергии Солнца. Подсчитано, что в среднем за один день на один квадратный километр Земли Солнце посылает столько тепла, что Земля не в состоянии его освоить и почти треть отражает в космическое пространство. Оставшиеся же две трети поглощаются земной и водной поверхностью. Большая часть этого тепла поглощается самой обширной на Земле областью — примерно до 40° к югу и северу от экватора. Именно здесь в результате сгонного действия пассатов образуется гигантское Экваториальное океаническое течение. Двигаясь от западных берегов Африки, это течение несет воду к восточному побережью Южной Америки, откуда растекается в виде двух самостоятельных ветвей: течения Гольфстрим, сначала движущегося к Северной Америке, а затем поворачивающего к берегам Европы, и Бразильского течения, идущего на юго-запад вдоль берегов Южной Америки.

Аналогичная картина наблюдается и в Тихом океане. Но поскольку там на пути Экваториального течения не встречается крупных материковых плит, то наиболее четко выражена здесь только северная часть течения — Куросиво.

Экваториальными течениями и их ответвлениями из тропических областей земного шара в другие широты уносится до 20—25% накопившегося здесь солнечного тепла. Не будь движения тепла от экватора к полюсам, тепло не распределялось бы более или менее равномерно по поверхности Земли. Значительно холоднее было бы в средних широтах и совсем холодно — в северных. А в районе экватора в результате возросшего испарения и увеличенного выделения тепла непрерывно бы бушевали грозы, ураганы, тропические ливни. Но, как мы видим, этого не происходит. Океанические течения постоянно выравнивают температуру на поверхности нашей планеты и равномерно распределяют солнечное тепло между отдельными широтами.

Жителям Европы тепло из экваториальных областей приносит Гольфстрим, точнее, одно из его ответвлений — Северо-Атлантическое течение. Оно отделяется от Гольфстрима у Ньюфаундленда и обогревает северо-западную часть Советского Союза. Мурманск, например, является незамерзающим портом именно благодаря пропикновению теплого течения Гольфстрим.

Гольфстрим — самое большое теплое течение. У бе-

регов Северной Америки оно имеет ширину 640 км при средней глубине 320 м. Скорость движения воды на глубине 240 м составляет около 4 км в год, а на поверхности — 10 км. Для океанических течений это довольно значительные скорости. Ежесекундно Гольфстрим перепосит 100 млн. м<sup>3</sup> воды — в 22 раза больше, чем все реки земного шара, вместе взятые.

Если о морских и океанических поверхностных течениях было известно давно и они уже довольно хорошо изучены, то о существовании движения более глубоких слоев океанских вод люди ничего не знали, и большинство считало, что в глубинах океана вода находится в статическом состоянии. Однако исследования показали совсем другое.

В 1951 году американский океанолог Кромвелл обнаружил в Тихом океане южнее Гавайских островов гигантскую подводную реку, получившую название глубинного противотечения Кромвелла. Оно направлено на восток и лежит под слоем поверхностного пассатного течения, идущего на запад.

Новый шаг вперед в исследовании глубинного течения, открытого Кромвеллом, сделали советские ученые. В 1972 году, используя сложную систему буйковых станций, они провели большие исследования в этом районе и выявили очень интересное явление. Оказалось, что течение Кромвелла в поперечном сечении имеет форму буквы «П». В углублении буквы, как выяснилось, проходит еще один мощный поток, идущий на запад. Когда на пути этой сложнейшей системы оказывается остров, она разделяется пополам, обгибает препятствие и снова продолжает свой путь в прежнем направлении.

В Атлантическом океане под слоем Южного пассатного течения советские исследователи открыли еще одно глубинное течение. Ему дали имя Ломоносова.

Теперь уже хорошо изучены структура и характерные особенности этого течения. Этот узкий, но мощный, полноводный и быстрый поток мчится вдоль экватора навстречу Южному пассатному течению. В сечении он имеет форму плоской линзы. Течение Ломоносова — это гигантская река в глубинах океана, которая протянулась более чем на 2500 миль. В западной части, там, где течение идет на наибольшей глубине, его скорость достигает 0,96 м/сек. К востоку, по мере того как поток постепенно поднимается к поверхности, скорость убывает. Повышается его температура и соленость, меняется содержание растворенного



кислорода, фосфора и других химических элементов.

Глубинное противотечение Ломоносова весьма устойчиво и наблюдается во все времена года. В то же время отмечены его сезонные колебания: осенью верхняя и нижняя границы течения располагаются глубже, чем весной, в этот сезон возрастает и скорость течения. О мощности этого подводного потока можно судить по следующему сравнению: расход течения Ломоносова 35—37 млн. м<sup>3</sup> воды в секунду, что значительно превышает мощность Гольфстрима в районе его зарождения и составляет около половины суммарной мощности Гольфстрима и Антильского течения на 38° северной широты.

Наиболее характерной особенностью течения Ломоносова является повышенная соленость его вод по сравнению с соленостью водяных «берегов», ограничивающих эту уникальную подводную реку: в слое максимальной скорости течения соленость достигает 36,6‰ в западной части океана и 36,00—35,80‰ в Гвинейском заливе. Из сказанного можно сделать вывод, что течение Ломоносова переносит более соленые воды из западной части океана в восточную. Течение это характерно также интенсивным вертикальным перемешиванием вод.

Чтобы узнать, что является источником питания глубинного течения Ломоносова, группа ученых, участников пятого рейса корабля «Академик Курчатов», направилась к северо-западу от предполагаемого начала этого течения, в сторону Антильских и Багамских островов, вдоль давно известного поверхностного Гвианского течения, которое является продолжением Южного пассатного. Исследователи обнаружили, что у Малых Антильских островов Гвианское течение, передав часть своих вод Карибскому морю, огибает острова. От этого места оно уже называется Антильским течением. Сюда же подходят воды Северного пассатного течения.

Именно там, где сходятся Антильское и Северное пассатное течения, на глубине 600—800 м советские ученые и обнаружили неизвестный прежде поток. Его называли Антило-Гвианским противотечением. Исследователи проследили его путь до экватора на расстоянии более 3500 миль; оказалось, что этот поток питает глубинное противотечение Ломоносова.

Ученые Морского гидрофизического института пришли к выводу, что основными факторами возникновения и формирования глубинного противотечения Ломоносова

являются: исчезновение на экваторе отклоняющего действия вращения Земли (силы Кориолиса), расслоение экваториальных вод Атлантики, наличие меридиальных границ этого океана и изменение поля ветра с широтой.

Открытие глубинного экваториального противотечения Ломоносова коренным образом изменило прежнее представление о системе движения вод Атлантического океана. Это течение, как полагают ученые, оказывает существенное влияние на формирование погоды и климата, на биологическую продуктивность тропических вод Атлантики.

Составленные на основе изучения течения Ломоносова океанографические атласы тропической зоны Атлантического океана имеют большое научное и практическое значение для навигации, рыбного промысла и прогнозирования погоды.

## КРАСКИ МОРЯ

Море синее, море лазурное, море нежно-голубое... Каких только цветов оно не бывает! Мы знаем, что есть не только Белое и Черное моря, но и Красное, Желтое.

Каков же в действительности цвет моря? В летний день, когда все дремлет под жарким солнцем, вы смотрите с прибрежной скалы прямо вниз, на море, и видите синее-зеленую темную воду. Но вот вы переводите взгляд на горизонт — и перед вами светло-голубая равнина, сливающаяся с небом. Внезапно налетают порывы ветра — и вы видите море уже совсем другим. Сначала поверхность его покрывается рябью, потом, когда волны постепенно вырастают и начинают с силой ударять о берег, исчезает морская голубизна. Море темнеет, и склоны крутых волн уже отливают зеленоватым цветом бутылочного стекла...

Ну, а теперь предположим, что вы погрузились на глубину нескольких метров: какое там будет море? Вы увидите еще один его цвет: вас обступят таинственные синие сумерки.

А какой цвет моря на больших глубинах?

«Погружение лишает глаз всех радостных теплых лучей спектра. Красного и оранжевого цвета как не бывало. Даже желтый вскоре поглощается зеленым... По мере опускания зеленый цвет заметно слабел, и на глубине 60 мет-

ров нельзя было различить, какого цвета вода — зелено-вато-синего или сине-зеленого... На глубине 180 метров окраска стала земной, светящейся, сипей».

Так описывает смену цветов моря американский ученый Биб, который в специальном батискафе погружался на большие глубины.

Окраска моря зависит от того, как смотреть на воду. Вспомним некоторые основные законы оптики. При падении света на поверхность воды распределение яркости отраженного и преломленного потоков зависит от угла падения. Чем ближе к перпендикуляру направление падающего света, тем большая его часть уходит под воду. Если же свет падает на водную поверхность под большим углом, «скользит» по ней, то он почти целиком отражается. А поскольку угол падения равен углу отражения, то в глаз наблюдателя попадает отраженный свет только от того потока, который падал на водную поверхность под тем же углом, под каким наблюдатель смотрит на нее. Если мы смотрим прямо вниз, то видим отраженный свет потока, падающего отвесно. Но этого отраженного света очень мало — при отвесном падении 98% его уходит под воду. Поэтому окраска, которую мы в этом случае наблюдаем, почти целиком зависит от рассеянного и выходящего из воды света, то есть определяется ее свойствами. Если мы смотрим вдаль, то видим отраженный свет потока, падающего на поверхность под небольшим углом. В этом случае падающий на наш глаз свет состоит почти целиком из отраженных лучей; другими словами, мы видим не море, а отраженное в нем небо.

Этим же объясняется и резкое изменение окраски моря при волнении. Происходит это вследствие изменения угла, под которым мы видели воду. Часть отраженного света в общем потоке уменьшилась, а рассеянного из-под воды увеличилась. Окраска стала теперь определяться не отраженным светом, а рассеянным — в этом случае мы видим цвет «самого моря».

Большую роль в окраске моря играют и присутствующие в воде водоросли, выносимый реками ил, песок и т. д. Примером этого может служить Красное море, получившее свое название от скоплений водорослей, которые в некоторые периоды принимают красноватый оттенок.

Следует отметить и такую особенность морской воды. Она, оказывается, поглощает и рассеивает световые лучи разного цвета неодинаково. Красные и желтые лучи, то

есть свет с большой длиной волны, поглощаются сильно; при переходе к более коротким длинам волн, то есть к зеленому, синему и фиолетовому цветам, поглощение уменьшается. В этом и проявляются различия между водами разных морей мира.

Вспомним теперь и еще одно не менее важное положение из области оптики. Белый свет, падающий на поверхность моря, состоит из лучей всех цветов, смешанных в определенной пропорции. Когда белый свет проходит через поверхность воды, эта пропорция нарушается, и свет оказывается окрашенным. Красные и желтые лучи поглощаются в верхнем слое, синие и фиолетовые проникают гораздо глубже. Отсюда и происходит та смена цветов, которую наблюдают при погружении на большие глубины.

Рассеивание световых лучей разных цветов происходит в воде также неодинаково. Красные и желтые лучи рассеиваются меньше, чем синие и фиолетовые. В результате этих двух процессов — поглощения и рассеивания — в рассеянном свете, выходящем из воды, преобладает цвет коротковолновой части спектра — голубой, синий. Это справедливо только для совершенно прозрачной воды. Если вода в море очень чистая и прозрачная, море оказывается окрашенным в чистый синий цвет, если же в воде много мути, море окрашено в зеленоватый цвет.

Таковы цвета дневного моря. А как выглядит поверхность моря ночью?

Моряки, находящиеся в дальнем плавании, буквально часами не могут оторваться от прекрасного зрелища светящегося моря, как бы соперничающего со звездным небом. Среди бесчисленного множества плавающих и колеблющихся искр постоянно появляются яркие вспышки, которые создают крупные морские организмы, управляющие своими источниками света — включающие и выключающие свои «фары».

Поистине незабываемое зрелище наблюдается тогда, когда в море направляется луч судового прожектора. На озаренную светом дорожку устремляются всевозможные юркие рыбки. У одних яркими проблесками вспыхивает красный или желтый фонарик, другие светятся белым огоньком, сменяющимся зеленым в тот момент, когда они выпрыгивают из воды.

Свечение моря (биоломнисценция) — «живой» свет зеленоватого, синеватого, красного цвета, испускаемый, как правило, мельчайшими организмами и бактериями.

Примером может служить ночесветка — морской фотобактерия. Именно эти одноклеточные организмы вызывают свечение моря. Одни из них светятся всегда, а другие только под влиянием внешних раздражителей. Если некоторые светящиеся бактерии посеять в колбах на питательных средах, то можно получить яркие «живые» лампы. При их свете возможно не только читать, но и фотографировать.

Нежно-голубой свет излучают пирозомы, также являющиеся представителями удивительного, прекрасного ажурного мира морских одноклеточных. Они имеют форму сильно сплюсненного цилиндра, состоящего из почти прозрачной плотной студенистой массы. Такой цилиндр может достигать в длину метра и более. Он образован из многих тысяч мелких живых организмов, объединенных в одну колонию. Стоит только дотронуться до пирозомы, как она сразу «загорается» и светит в течение 1—3 минут.

Как мы уже сказали, способностью светиться обладают и некоторые крупные организмы, особенно обитатели больших глубин. У одних глубоководных рыб органы свечения — фотофоры — сосредоточены в определенных частях тела и могут «по желанию владельца» изменять интенсивность и направление света, зажигаться и гаснуть; тела других рыб алюминированы светящимися точками — своеобразными опознавательными знаками для друзей и врагов.

«Причуды» окраски моря сегодня не являются уже больше загадкой. Они получили исчерпывающее объяснение. Кропотливый труд ученых увенчался успехом.

## ПОЗЫВНЫЕ СТИХИИ

Вода обладает удивительным свойством: она очень подвижна. Поэтому в любых водоемах — от самой простой лужи до самого большого водного пространства — океана — легко возникают колебательные явления, волны.

Волна — одна из сложных форм движения — еще и сегодня является не полностью разгаданной загадкой. Вспомним стихотворение Н. А. Некрасова «Непонятная песня», где поэт говорит о волнах бурного моря:

Открой мне, кипучее, бурное море,  
Тайник заповеданный, дай мне понять,  
Что дивное скрыто в твоём разговоре,  
Что бурные волны твои говорят.

Если попытаться собрать все написанное поэтами от Гомера до наших дней о волнах, то получилась бы библиотечка не в одну сотню томов. Бесчисленны и картипы художников, воспевающих морскую стихию. Среди художников есть даже определенное направление, своеобразная специализация — художники, пишущие море, так называемые маринисты. Не раз вдохновлялись морем, шумом прибоя и композиторы. Вспомним хотя бы дивное «Итальянское каприччио» Чайковского.

Многие, конечно, помнят изумительные картины бушующего океана, созданные пером Виктора Гюго в «Тружениках моря»: «Пройдет несколько часов, и возрастающий прилив, взбухая, ринется в дуврскую теснину и возьмет ее с боя. Уже шумели первые волны. Вслед за высокой грядой валов под напором Атлантического океана собрались хлынуть сюда все его воды. Ни шквала, ни урагана; просто могучая волпа, в ней движущая сила; волна, отхлынувшая от берегов Америки и одним броском в две тысячи лье докатившаяся до Европы. Эта волпа — исполинский рычаг океана — натолкнулась бы на разверстый зев рифа и, прижатая к Дуврам, к двум входным башням, двум столбам ущелья, вздуваясь от прилива, вздуваясь от препятствия, отбрасываемая утесом, подхлестываемая ветром, насильно овладела бы рифом и, преодолев преграду, вся в водоворотах, с бешенством скованной стихии ворвалась бы в ущелье меж двух степ»...

Грозен штормовой океан. Немало смельчаков поплатились жизнью, вступая в единоборство с царством Нептуна. Не сосчитать и кораблей, навсегда похороненных волнами в темных глубинах морей и океанов. Случалось так, что корабль, поднятый на гребень высокой волны или оказавшийся на вершинах двух соседних волн, разламывался пополам, как щепка. Некогда неприступные гранитные берега волны превращают в мелкий песок, а тысячетонные массивы молов и волноломов они в считанные секунды могут сорвать с места, опрокинуть и отбросить далеко на берег.

Вздвигнувшись, как горы, волны и мерная, тяжелая, словно свищем налитая, зыбь — это не что иное, как ветровые волны. К ним отпоятся и капиллярные волны, которые мгновенно возникают от малейшего дуновения ветра. Именно они, эти микроскопические волны, дают начало огромным гороподобным штормовым волнам.

Наблюдая за прибрежной полосой моря, мы часто ви-

дим буруны, взбросы, прибои и накат. Это тоже ветровые волны. Под влиянием морского дна и берегов они преобразуются, деформируются и, разрушаясь, отдают свою энергию, накопленную от ветра.

Есть волны и другого происхождения. «Дыханием океана» называют приливную волну, дважды в сутки с точностью часового механизма обтекающую вокруг земного шара навстречу его вращению. Они вызваны к жизни силами притяжения Луны и Солнца. Эта сила в каждой точке океана в шесть миллионов раз меньше силы тяжести, но, суммированная по всей его поверхности, составляет колоссальную величину. Приближаясь к берегу, в зависимости от его очертаний и рельефа дна, приливная волна нередко возрастает в десятки раз.

...Океан, еще недавно внешне спокойный, вдруг словно вздыбился. Весь горизонт закрыла гигантская стена воды. Волна, накатившаяся на берег, в минуту унесла 27 тысяч человеческих жизней, опустошила обширные районы. Одна из таких катастроф произошла в конце прошлого века на японском острове Хонсю. С тех пор цунами — огромные волны,двигающиеся по океану со скоростью реактивного самолета, не раз обрушивались на берег Хонсю и другие острова и континенты.

Многим памятен и день 21 мая 1961 года, когда земной шар потрясло грандиозное землетрясение, эпицентр которого находился где-то в южной части Тихого океана. Вздвигнувшиеся морские волны, проносясь с колоссальной скоростью, сметали тогда все на своем пути. Сокрушительные удары волн обрушились и на берега Азии и Южной Америки. Они смывали прибрежные города и поселки Чили. Волны цунами унесли в океан тысячи людей, свыше 2 миллионов осталось без крова.

Цунами — сравнительно редкое явление. Эти волны рождаются в результате землетрясений на дне океана или извержения подводных вулканов. Человек пока не в силах предотвратить такое стихийное бедствие. Но он пытается его предсказывать. В последние годы ученые разных стран разработали много методов, с помощью которых можно оценить степень опасности цунами.

В море возникают и волны-невидимки. Увидеть их практически невозможно, потому что распространяются они под поверхностью воды. Это так называемые внутренние волны, возникающие на границе двух слоев воды с различной плотностью.

Есть и такие волны, которые хотя и не отличаются гигантскими размерами, но имеют достаточную силу, чтобы сорвать судно с толстых швартовых канатов. Эти волны, утягивающие корабли от пристаней, так и называются моряками — «тягуны». Хотя сегодня еще неясен их характер и происхождение, известно, что данное явление связано с ветровыми волнами и с течением.

Мощные циклоны вызывают в море так называемые сейши — своеобразные волновые колебания, проникающие до дна водного бассейна, тогда как обычные ветровые волны проникают в глубину моря самое большое на 200—300 м.

«Голосом моря» называют волны, которые образуются над поверхностью воды — в самых нижних слоях воздуха. Вызванные настоящими морскими ветровыми волнами, они неслышимы человеком, но ухо их чувствует и от такого «беззвучного голоса» появляется боль в ушах...

Волны имеют много различных параметров, или элементов. Если посмотреть на волны «в профиль», то мы увидим чередование гребней и ложбин. Гребни располагаются выше спокойного уровня моря, а ложбины — ниже его. Наивысшую часть гребня принято считать вершиной волны, а самую низшую часть ложбины — ее подошвой. Расстояние между соседними вершинами или между подошвами называют длиной волны.

Есть и еще один элемент волны — это длина гребня, протяженность волны в горизонтальном направлении.

Пожалуй, самая распространенная среди моряков характеристика волны — это ее высота. В старых судовых журналах можно встретить весьма любопытные записи, повествующие о размерах волн. Одни пишут, что волна была высотой с корабельную мачту. Другие сравнивали их с высотой гор. Наблюдая за волнами безо всяких приборов, просто визуальное, люди, конечно, могли и ошибиться. А какие же волны по высоте встречаются в морях и океанах на самом деле? До недавнего времени считалось, например, что на морях, омывающих берега Советского Союза, высота волн не превышает 4—6 м. Наблюдения же показали, что на Каспийском море была зафиксирована высота волн, равная 11—13 м. В Северной Атлантике встречались волны высотой 18 м. Как утверждают моряки, у берегов Южной Африки они наблюдали волны высотой даже в 30 м. В Тихом океане, по свидетельству американских моряков, волны достигали 34 м.



Многим покажется странным, что волны прилива и волны цунами в открытом океане, несмотря на их печальную славу, имеют самую маленькую высоту — менее 1 м. У берегов же их высота сильно возрастает. Известно, что в отдельных районах высота прилива достигает 15—16 м, а высота волн цунами 30—40 м. Ветровые же волны, напротив, у берегов разрушаются. И только открытый океан с его большой глубиной и беспредельными просторами наиболее благоприятен для их роста. Сегодня точно установлено, что рост волн на воде тормозится дном. Азовское море известно жестокими штормами, крутыми и сильными волнами. Но когда измерили там высоту волн, то оказалось, что она составляет около 3,5 м: дно не позволяет волне расти вверх. Наибольшая глубина Азовского моря всего лишь 15 м.

Безбрежный океан уже раскрыл немало своих тайн. Познавая природу многих явлений, происходящих в нем, ученые близки к разгадке и тех процессов, которые порождает энергия стихии — волны.

## ОКЕАН УПРАВЛЯЕТ ПОГОДОЙ

Мы уже говорили о том, сколь велика роль океана в формировании климата нашей планеты.

Огромное воздействие океана на атмосферу вполне понятно. Океан — это как бы гигантский термостат, стабилизатор и регулятор теплового режима атмосферы: ведь температура всей водной толщи океана есть в конечном счете не что иное, как многолетнее усредненное производное теплового состояния атмосферы. По сравнению с воздействием океана, термическое воздействие поверхностного слоя суши ничтожно мало. Климат земли — это в целом океанический климат. В свою очередь циркуляция поверхностных вод океана, а следом за ней и глубинных вод в огромной степени зависит от движения воздушных масс над океаном... Таким образом, океан — главный цех всепланетной фабрики погоды.

Динамические процессы в океане, связанные с перемещением гигантских масс воды (а вместе с ними и тепла) на многие тысячи километров, в значительной мере определяют погоду на континентах. Так, европейская часть СССР получает с Атлантики влагу летом и тепло зимой. Однако для правильной оценки океанического влияния на

погоду необходимо знать также и законы движения водных масс — от течений планетарных размеров до мельчайших волн на поверхности воды. Чрезвычайно важное значение имеют процессы взаимодействия океана и атмосферы — обмен между ними теплом, влагой, количеством движения. Чтобы, например, можно было существенно улучшить достоверность прогнозов погоды, нужна математическая модель совместной циркуляции океана и атмосферы.

Основываясь на познании того, что океан — главная кухня погоды, можем ли мы сегодня сказать, что человек способен изменять климат и погоду по своей воле?

Ныне человек еще не научился управлять климатом в масштабах всей планеты, но изменять микроклимат он уже умеет. Сооружая обширные моря — водохранилища, полевые защитные полосы, осушая болота и обводняя пустыни, человек существенным образом изменяет климат отдельных районов суши. Сегодня стало возможным не только рассеивать облака и туманы над значительными территориями, но искусственно вызывать дождь, создавая тем самым благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур.

Однако ученые считают, что уже настало время перестраивать климат всей планеты в целом. Они полагают, что путь к осуществлению этого лежит в изучении механизма взаимодействия Мирового океана и атмосферы, так как преобразование климата и улучшение погоды целых материков связаны с увеличением притока тепла и влаги с прилегающих районов Мирового океана. На одной и той же параллели океан поглощает солнечной энергии в два раза больше, чем суша. Суша быстро излучает тепло в мировое пространство, а океан его аккумулирует и тем самым регулирует тепловой режим планеты, влияет на климат и погоду.

За последнее время появилось много интересных проектов, которые направлены на улучшение климата отдельных континентов нашей планеты. Один из них предусматривает изменение направления Гольфстрима с целью улучшить климат Северной Америки и Западной Европы.

Течение Гольфстрим, как мы уже говорили, переносит воды в 22 раза больше, чем все реки земного шара. На каждый сантиметр западного побережья Европы оно поставляет 4000 млрд. кал тепла в год.

Изменение направления Гольфстрима, удлинение его

пути вдоль Северной Америки проект предусматривает осуществить путем перегораживания Флоридского пролива плотиной и сооружения канала поперек полуострова Флорида. Осуществление подобного проекта позволило бы, по мнению специалистов, создать в юго-восточной части США субтропический климат.

В настоящее время существует несколько интересных проектов и советских инженеров. Один из них предложен инженером Н. Г. Романовым. Он предусматривает использование вод Куросиво для улучшения климата советского Дальнего Востока, и прежде всего Сахалина и Камчатки.

Другие проекты преобразования климата северных широт связываются с проблемой уничтожения льдов в морях Арктики.

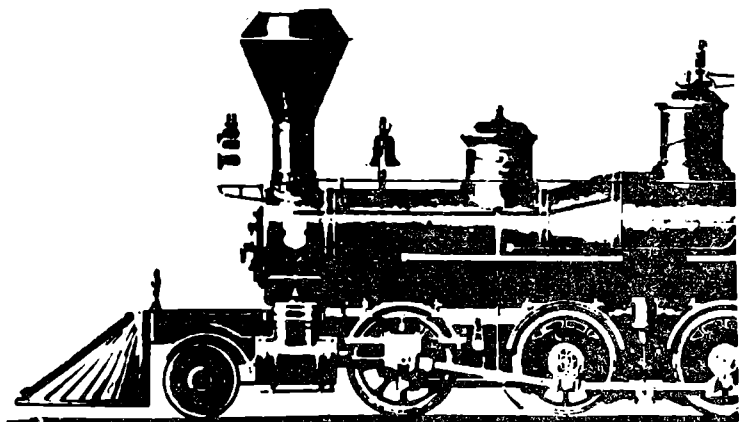
Все эти проекты тщательно обсуждаются, а поэтому о целесообразности их осуществления пока еще судить рано. Между тем некоторые специалисты считают, что полное уничтожение льдов в морях Арктики и в других районах Мирового океана нежелательно, потому что это повлечет за собой ряд отрицательных последствий. Прежде всего резко возрастет теплоотдача в атмосферу с поверхности арктических морей. Это будет также сопровождаться и увеличением циклонической деятельности в высоких широтах и ослаблением ее в умеренных широтах, где уменьшится количество осадков, усилятся континентальность климата.

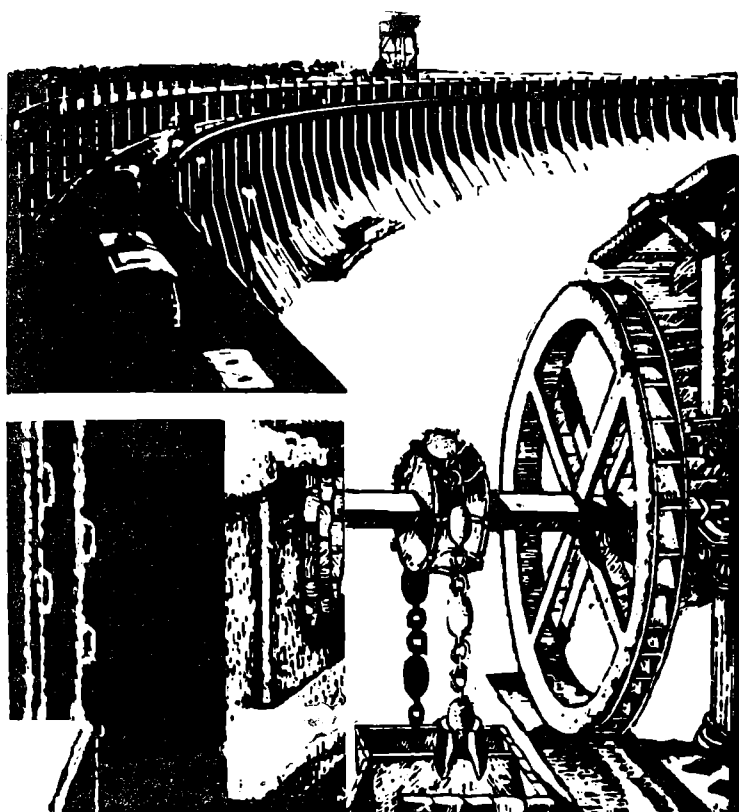
Существует и другая не менее сложная проблема — как уберечь от затопления огромные территории Земли, когда будут растоплены все льды и уровень Мирового океана поднимется на десятки метров. Нельзя предсказать и всех последствий, связанных с преобразованием климата и природы Земли в целом. Тем не менее проекты советских и зарубежных инженеров, хотя и не имеют под собой разработанных во всех деталях научных и инженерных решений, знаменуют сегодня новый шаг в развитии человеческой мысли.

А пока природный насос, снабжающий сушу водой, не поддается регуляции. В самом деле: есть на нашей планете отдельные страны, куда он качает и качает воду непрерывно, избыточно заливая землю, заболачивая почву. И есть государства, в небе над которыми не появляются дождевые облака по несколько месяцев в году. Здесь царит засуха, высыхают озера и реки.



**«БЕЛЫЙ УГОЛЬ»**  
**ИСПОЛЬЗУЯ ЭНЕРГИЮ ПРИЛИВОВ**  
**СИЛА МОРСКИХ ВОЛН**  
**ВОДА ВСЮДУ**  
**«КРАСНЫЙ УГОЛЬ»**  
**ВОДА — ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО БУДУЩЕГО**  
**ВОДА И ПЛАМЯ**





**ВОДА  
РАБОТАЕТ**

## «БЕЛЫЙ УГОЛЬ»

Рождаясь маленьким ручейком или с шумом вытекающая из горного ущелья, отдельные источники воды, сливаясь друг с другом, образуют реки, которые, обходя препятствия или прокладывая сквозь них свое русло, становятся все шире и полноводнее, текут к морям и океанам.

И в стремительном беге горных потоков, и в медленном течении степных рек скрыта энергия. Ее запасы составляют сотни миллиардов киловатт-часов.

Человек уже давно научился использовать энергию рек. Сила текущей реки была первой стихийной силой природы, которую он заставил работать на себя.

Свыше трех тысяч лет тому назад в Китае и Индии появились различные водяные двигатели, нашедшие применение для орошения полей. Вначале это были деревянные колеса с лопастями, в которые и ударяли быстро текущие или падающие струи воды. Медленно вращаясь, колеса выливали воду в желоб, а тот в свою очередь отводил ее к месту потребления.

Постепенно водяное колесо совершенствовалось, находило новые применения — оно не только перекачивало воду, но и поднимало ее на высоту, чтобы можно было вращать жернова водяной мельницы. Подобные устройства еще и сегодня можно найти в некоторых странах Юго-Восточной Азии.

Энергию воды использовали и на Руси. Первые сведения о водяных мельницах относятся к XI веку. Во второй четверти XVI века уже стало развиваться и гидротехническое строительство. В новгородской летописи рассказывается о «хитрице от Псковские стороны» Певежде, задумавшем перегородить Волхов плотиной и поставить на нем мельницу. Весной 1529 года мельница была построена и в течение некоторого времени работала. Однако вскоре небывалый паводок разрушил ее.

Через четыре столетия, в 1926 году, советскому народу удалось поставить на службу людям энергию бурного и многоводного Волхова. Волховская ГЭС мощностью в 58 тыс. квт была первенцем советской гидроэнергетики.

В. И. Ленин назвал гидроэнергию «белым углем» и считал необходимым широко использовать ее для электрификации страны. Уже в апреле 1918 года в «Наброске

плана научно-технических работ» Владимир Ильич призывал ученых направить внимание «на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию».

В декабре 1920 года на VIII Всероссийском съезде Советов был принят государственный план электрификации России — план ГОЭЛРО, названный В. И. Лениным «второй программой партии». Этот план предусматривал, в частности, строительство в течение ближайших 10—15 лет тридцати крупных электростанций: десяти гидроэлектростанций и двадцати тепловых. Мощность гидроэлектростанций должна была составить 640 тыс. квт.

План ГОЭЛРО был выполнен и перевыполнен досрочно.

Вслед за Волховстроем началось строительство других гидроэлектростанций. Перед Великой Отечественной войной общая мощность их достигла уже 1600 тыс. квт.

Строительство гидроэлектростанций не прекращалось и в период войны. А в годы послевоенных пятилеток оно развернулось еще шире.

Сотни тысяч голубых полосок нанесено на карту нашей Родины. Это — реки. Среди них знакомые — Волга, Енисей, Дон, Амур, Двина, Обь, Днепр, Иртыш — и неизвестные — Цна, Сыть, Кашинка, Барнаулка и т. д. Постоянно появляются и новые названия рек. И все они, как правило, связаны со строительством гидроэлектростанций. Для энергетика в этих реках особый смысл. Он видит прежде всего новые возможности получать энергию, вырабатывать миллиарды киловатт-часов дешевой электроэнергии.

Сегодня советские гидроэнергетики воздвигают все новые и новые гидростанции, покоряют все новые и новые реки. На Днепре построены и дают электроэнергию Днепрогэс им. В. И. Ленина, Каховская, Кременчугская, Киевская, Каневская и Днепродзержинская гидроэлектростанции. Каскад мощных гидроэлектростанций создан на Волге. Среди них — Ивановская, Угличская, Горьковская, Куйбышевская, Саратовская, Воиловская и другие ГЭС. Много мощных гидроэлектростанций сооружено и на других реках европейской части нашей страны.

За последние два десятилетия советские энергетики устремили свои взоры на восток страны, где протекают самые большие реки: Обь, Енисей, Лена, Амур, Ангара и другие. Уже многие гидроэлектростанции на этих ре-

ках вступили в строй и дают ток промышленности Казахстана, Сибири и Дальнего Востока. Усть-Каменогорская ГЭС использует энергию Иртыша, Красноярская — Енисея, Братская — стремительной красавицы Ангары. Встают плотины гидроэлектростанций и на Амуре, и на его притоке — Аргуни. На Енисее заканчивается строительство еще одной гидроэлектростанции — Саяно-Шушенской.

На рубеже девятой и десятой пятилеток в истории энергетики страны обозначилась новая яркая веха — выработан триллионный с начала года киловатт-час электроэнергии. Более чем в сто раз превзойден план ГОЭЛРО!

За годы девятой пятилетки появились и новые гидроэлектростанции. Пущены первые агрегаты на Усть-Илимской, Нурекской, Чиркейской, Токтогульской, Зейской ГЭС. Введены новые мощности на Вилюйской ГЭС.

Решениями XXV съезда КПСС предусмотрено довести выработку электроэнергии до 1340—1380 млрд. квт-ч.

В десятой пятилетке не только развернется широкое строительство тепловых и атомных электростанций, но будет идти и дальнейшее развитие гидроэнергетики. Поднимутся новые гиганты в Сибири и Средней Азии. Будет сооружен ряд ГЭС в европейской части страны...

Гидроэлектростанции существенно изменили реки нашей Родины. Возьмем, например, Волгу. Три десятилетия назад она ничем не отличалась от других рек. Беря начало где-то в болотах валдайских лесов, река, постепенно расширявшаяся в результате притоков, впадала в Каспийское море. Сегодня неизменными остались только истоки и дельта Волги. А все ее среднее течение — от Калинин до Волгограда — превратилось в цепь полноводных озер-водохранилищ.

Советский Союз — самая богатая гидравлической энергией страна. Свыше 15% мировых ресурсов «белого угля» содержится в стремительном беге ее рек и речек.

Мощность только 1500 крупных рек нашей страны определяется в 300 млн. квт. Они могут вырабатывать за год до 2000 млрд. квт-ч самой дешевой электроэнергии. А все реки нашей Родины, имеющие названия, могли бы вырабатывать 3700 млрд. квт-ч в год — в два с половиной раза больше, чем дают электрической энергии все электростанции мира.

Количество вырабатываемой гидроэлектростанций энергии зависит от величины напора и количества прохо-



дящей через турбины воды. Могучей рекой течет сквозь лопасти турбины вода из водохранилища. Чем больше его объем, тем больше воды в нем можно собрать и тем равномернее ее можно расходовать. Имея большое водохранилище, возможно осуществлять регулирование стока, перераспределение расхода воды между отдельными временами года и в течение нескольких лет: ведь бывают годы засушливые, а бывают дождливые. Примером «отрегулированной» реки стала Волга. Построенные на ней гидроэлектростанции снабжены такими водохранилищами, как Московское, Рыбинское, Куйбышевское моря.

Эти искусственные водохранилища поистине огромны. Так, например, Рыбинское море содержит 25 млрд. м<sup>3</sup> воды. Еще больше Куйбышевское море. Емкость всех водохранилищ Волги и Камы, как мы уже говорили, составляет около 100 км<sup>3</sup>, при этом около 95% воды можно практически использовать для выработки электроэнергии.

Волжские водохранилища обеспечивают не только более постоянную выработку электроэнергии гидроэлектростанциями, но и лучшие условия для судоходства, создают большие возможности для орошения.

Гидроэлектростанции, сооружаемые сегодня на реках нашей страны, в основном плотинные и деривационные, или обводные. Какой тип электростанций выгоднее строить? Это зависит от конкретных условий реки.

В плотинных ГЭС сосредоточение падения водопотока осуществляется посредством плотин. К гидроэлектростанциям такого типа относятся Волховская ГЭС, ДнепрогЭС и многие другие.

В деривационных ГЭС большая часть напора создается с помощью деривационных водоводов. Последние сооружаются, как правило, параллельно руслу реки, причем уклон их значительно меньше уклона ее русла. Плотина, которая перекрывает русло реки у входа в деривационный канал или туннель, имеет обычно небольшую высоту и служит в основном не для создания напора, а для того, чтобы направить воду в деривационные водоводы.

Гидроэлектростанции этого типа сооружаются чаще всего на горных стремительных реках с большим уклоном. Нередко они имеют довольно значительный напор. Плотинные ГЭС, наоборот, обычно сооружаются на равнинных реках, где уклон русла небольшой и строительство деривационных ГЭС невозможно.

За последнее время появилось и много других гидро-

электростанций. Строятся гидроэлектростанции без плотин, гидроэлектростанции... под водой. Такая ГЭС необычна как по внешнему виду, так и по своей конструкции. Ее здание не возвышается над плотиной — оно встраивается в нее и помещается под водосборными устройствами. Войдя в машинный зал, вы не увидите гидрогенераторов. Здесь располагаются только вспомогательные механизмы управления, аппаратура и приборы. Генератор же на одном валу с турбиной помещается под водой. Одна из таких гидростанций сооружена недалеко от города Череповца на реке Шексне, соединяющей озеро Белое с Рыбинским водохранилищем. При сооружении этой гидростанции впервые в практике применены капсульные, или, как их еще называют, «бульбовые», гидроагрегаты. Они созданы конструкторами ленинградских заводов: Металлического и «Электросилы». Диаметр турбины капсульного гидроагрегата — пять с половиной метров. Она имеет четыре лопасти. Их положение во время работы автоматически изменяется в зависимости от нагрузки и напора воды. Капсульные агрегаты нашли широкое применение на равнинных реках. Они незаменимы для приливных и низконапорных гидроаккумулирующих станций, где необходимо переключение из турбинного режима в насосный и из насосного — в турбинный. Череповецкая ГЭС имеет четыре гидроагрегата мощностью 20 000 квт каждый.

Инженеры Ленинградского отделения института «Гидроэнергопроект», которые проектировали Череповецкую ГЭС, нашли удачное решение многих инженерных и экономических проблем. По сравнению с аналогичными ГЭС, сооружаемыми на равнинных реках, гидроэлектростанция с горизонтальными капсульными агрегатами имеет очень хорошие технико-экономические показатели. Она экономична и по капитальным затратам, и по эксплуатационным расходам. Замена вертикальных турбин горизонтальными значительно упрощает строительство подводного массива, снижает заглубление основания сооружения, уменьшает объем земляных и бетонных работ. К тому же пропускная способность и мощность горизонтальной турбины (по сравнению с вертикальной такого же диаметра) на 15—20% больше.

Несмотря на относительно высокую стоимость сооружений ГЭС, их преимущества заключаются в том, что они используют практически неисчерпаемый природный источник энергии — воду. ГЭС не оказывают и вредного

воздействия на окружающую среду. Исключительно низка и себестоимость вырабатываемой ими электроэнергии.

Наиболее целесообразно комплексное использование гидроэнергетических ресурсов для производства электроэнергии, орошения земель, водоснабжения, улучшения условий судоходства. Именно такие решения получают широкое распространение у нас в стране и в других социалистических государствах.

## ИСПОЛЬЗУЯ ЭНЕРГИЮ ПРИЛИВОВ

Ученые подсчитали, что через десять-пятнадцать лет энергия рек Западной Европы и европейской части Советского Союза будет почти полностью использована. Что же, тогда останется строить только тепловые электростанции? Нет, есть еще один источник энергии — могучее движение Мирового океана.

В последние десятилетия вместе с общим прогрессом техники значительно вырос интерес к энергии приливов. Они обладают огромной силой, использовать которую заманчиво.

Точно в положенное время на океанских берегах вздымается прилив. Поднятая лунным притяжением масса воды катится к суше. По расчетам, максимальная величина ее в открытом океане равна примерно 0,77 м. Приближаясь к берегу, приливная волна сильно возрастает. Величина ее зависит от очертаний берега и рельефа морского дна. В Магеллановом проливе она достигает, например, 13,5 м, в Ламанше 12,3, в Бристольском заливе (Англия) свыше 14 м; в одном из заливов Охотского моря, в губе Пепжинской, приливы бывают до 12,3 м.

На плоских берегах под приливными волнами быстро исчезают сотни квадратных километров. Там, где недавно лежали пески и ходили люди, несутся неукротимые потоки. В устья больших рек вода врывается белошумной стеной. Она опрокидывает все препятствия, паскакивает на выступы берега, сотрясает почву и уносится вверх по течению.

Вот что рассказывает очевидец об очередном пришествии приливной волны на Сене: «В 10 часов утра толпа зрителей собралась на берегу Сены. Воды ее были гладки, как зеркало, и совершенно неподвижны. Взоры всех были

устремлены вниз по течению, откуда ожидали маскарет (так здесь называют приливную волну). Он появился с точностью, какая сделала бы честь монарху. Стремительно налетел он из-за изгиба Сены. Посередине реки приближалось нечто похожее на темную стену. Скорость, с какою неслась эта водная масса, равнялась по меньшей мере скорости скачущей галопом лошади».

Глядя, как клокочет, пенится, расплескивается о гранитные стены каскадами и свивается водоворотами стремительно поднимающаяся волна океанского прилива, люди не один раз пытались приручить эту огромную силу.

История техники хранит воспоминание о том, как сто с лишним лет назад инженеры остроумным способом сумели использовать приливную волну... для строительства железнодорожного моста.

Когда поезд приближается к устью бухты Бомарик, пассажиры, едущие из Центральной Англии на один из ее островов, видят гигантскую металлическую трубу, опирающуюся на столбы и перекинутую через полукилометровой ширины пролив, отделяющий остров от Уэльса. Железнодорожный путь ныряет в этот подводный туннель, и вряд ли кто из едущих задумывается над тем, ценой каких усилий строители смогли уложить на такой высоте секции моста в то время, когда еще неизвестны были мощные подъемные краны.

А постройка моста, которой руководил Роберт Стефенсон, происходила так.

...Всю ночь накануне укладки трубы грохотал прибой. По обоим берегам горели сторожевые огни и факелы, при свете которых завершались последние доделки. В десять часов утра должен был начаться прилив. Мертвая тишина ожидания стояла на берегах пролива, хотя там находились многотысячные толпы.

Наконец, вокруг понтонов заклокотал поднимающийся прилив. Чем сильнее вода прижимала понтоны к громадной массе трубы, которую они должны были поднять, тем громче грохотали и трещали леса. Но вот треск затих — понтоны подхватили пошу. Стефенсон, который стоял на понтонах, посмотрел на часы и на водное пространство: прилив уже достигал высшей точки, а железный гигант не трогался. Его сердце тревожно сжималось. Вдруг колоссальная труба вздрогнула. Облегченный вздох прокатился по берегам. Восьмисоттонная громада плыла, как щепка. Несмотря на бурную погоду и стремительное течение, она

с удивительной точностью вошла между столбами. Отхлынувший прибой оставил ее лежать на новом ложе.

Потом Стефенсона спросили, не благодарил ли он тогда своего главного. «Про кого вы говорите?» — спросил он. «Конечно, про Лулу: ведь она положила трубу на столбы». — «Действительно, — ответил, смеясь, великий инженер. — О ней-то я, признаться, не подумал».

А где еще может трудиться приливная волна? Из истории техники известны также факты использования ее для работы мельниц. На протяжении многих столетий такие мельницы успешно применялись для помола зерна во Франции, Англии, Китае и других странах. Изобретение парового двигателя на некоторое время задержало использование приливов в более широком диапазоне, однако спустя некоторое время интерес к приливам возник вновь, особенно в странах, где нет больших запасов топлива или трудно его доставлять.

Энергия приливов — возобновляемый источник энергии. Она не иссякает, по крайней мере до тех пор, пока не замедлится заторможенное бегущей волной прилива вращение Земли. Общая мощность энергии приливов поистине колоссальна: она равна 1 млрд. квт. Эта мощность более чем в сто тысяч раз превосходит мощность всех гидроэлектростанций земного шара!

Энергетические ресурсы приливов у берегов нашей страны составляют не менее 72 млрд. квт-ч в год.

Конечно, нельзя использовать всю энергию приливов: она слишком раздроблена по всем океанам. Точно так же невозможно представить себе устройство для улавливания этой энергии, рассредоточенной по двум третям поверхности нашей планеты. Но там, где энергия приливной волны концентрируется благодаря условиям побережья и рельефу морского дна, могут быть построены приливные электростанции.

Современные приливные гидросиловые установки используют обе фазы — и прилив, и отлив.

Схема использования энергии приливов весьма проста. На побережье, где приливная волна особенно велика, выбирается бухта или устье реки подходящей формы и размеров и перегораживается плотиной. В плотине монтируются гидротурбины. Когда подходит прилив, уровень воды в море оказывается выше, чем в отгороженной бухте. Вода устремляется в отверстия в плотине и вращает турбины. Но вот постепенно уровень воды в бухте повышается,

ворота в плотине закрываются, начинается отлив, уровень воды в бухте оказывается значительно выше, чем в открытом море. И вода начинает протекать через отверстия турбин в обратную сторону.

В схеме приливных электростанций есть периоды, когда оба уровня находятся в равновесии и выработка энергии станцией прекращается. Чтобы избежать таких мертвых периодов, сооружается целая серия бассейнов с разными уровнями воды, а также насосные установки.

По такой непрерывной схеме работает приливная станция в устье Сены во Франции. Она имеет два бассейна, оба сообщаются с морем. Турбина установлена в плотине, разделяющей бассейны. Во время прилива вода впускается в один из бассейнов. Набранная вода протекает в пикный бассейн, приводя во вращение ротор турбины. Отработавшая вода спускается в море. Во время следующего прилива снова открываются впускные ворота первого, верхнего, бассейна, и цикл повторяется.

Во Франции, на берегу Ламанша, у города Сен-Мало в устье реки Ранс работает и другая французская приливная электростанция мощностью 240 тыс. квт с годовой отдачей 540 тыс. квт-ч.

Ранс — небольшая река длиной в 100 км, по впадении в океан она образует широкую губу с довольно вместительным бассейном. Кроме того, неподалеку отсюда находится полуостров Котантен, который во время приливов направляет водные массы в сторону устья реки. В силу этих обстоятельств высота приливов в устье Ранса оказывается самой большой на всем побережье Франции. Разница в уровнях прилива и отлива достигает 12 м, а в сентябре и марте — 13,5 м. За сутки бывает два прилива и два отлива. Причем во время прилива через устье реки в секунду проходит 18 тыс. м<sup>3</sup> воды. Таким образом, сама природа подсказала выбор места.

Пуск промышленной приливной электростанции (ПЭС) Ранс — знаменательное событие в борьбе человека за покорение энергии прилива. Дело в том, что значительный энергопотенциал прилива (один миллиард киловатт) до сих пор не удавалось использовать из-за неудобного для потребления ритма самого явления, а следовательно, и получаемой от него энергии, которая природой подается периодическими импульсами, с перерывами, проходящими в лунном времени, то есть с запаздыванием каждые сутки на 50 минут. Нужно отдать должное талап-

ту французских инженеров, рабочих и выдающегося ученого Робера Жибра, которые создали замечательную гидромашину — капсульный агрегат, позволяющий эффективно использовать энергию приливов. Достигается это тем, что турбина, способная работать и как насос, может аккумулировать энергию прилива путем накачивания морской воды в бассейн выше уровня прилива (или откачивания ее из бассейна ниже уровня отлива) и выдавать запасенную энергию в часы «пик».

Так как насосная работа осуществляется ночью или в другие часы слабой нагрузки тепловых электростанций, происходит улучшение, облагораживание работы тепловых электростанций, действующих совместно с приливной электростанцией.

Приливные силовые установки, работающие по разным схемам, сооружены и в Англии, хорошо обеспеченной углем: здесь теплоэлектроцентрали дают 98% общей выработки электроэнергии. Тут предполагается построить новую приливную электростанцию в устье реки Северп в Бристольском заливе, где имеется максимальная в Европе высота приливов — 14,5 м. Ведутся подготовительные работы по сооружению ПЭС в заливе Фанди (Атлантическое побережье Северной Америки в районе полуострова Новая Шотландия). Она будет строиться по совместному проекту США и Канады.

В Советском Союзе построена ПЭС мощностью 800 тыс. квт. в губе Кислой недалеко от Мурманска; годовая отдача ее 2 млн. квт-ч. Строится ПЭС в Мезенском заливе. Отсекая всю восточную часть залива, плотина длиной около 100 км и высотой до 20 м будет иметь 1000—1500 турбин. Мощность такой станции составит не менее 25 млн. квт. Ее сооружение позволит не только получать дешевую электроэнергию, но и решит проблему создания глубокого порта в устье реки Мезени. Сооружение приливной электростанции в Мезенском заливе и других пунктах Белого моря обеспечит энергией такие области, лишенные местных видов топлива, как Архангельская и Мурманская.

Весьма перспективно строительство ПЭС и в заливе Шелихова на северо-востоке Охотского моря. Она могла бы давать энергию для промышленности Магаданской области и Камчатки.

Энергия приливных электростанций — это, по сути дела, даровая электрическая энергия. Особенно повышается

значение ПЭС при включении ее энергии в единую систему с тепловыми и речными гидроэлектрическими станциями. ПЭС примут на себя нагрузку в часы «пик» и обеспечат электроэнергией развивающуюся промышленность в районах, бедных топливом. Чрезвычайно ценна неистощимость приливной энергии и ее независимость от времени года и климатических условий.

Подлинный «век» приливной энергетики наступит тогда, когда мощности станций удастся увеличить до 3 и более миллионов киловатт.

## СИЛА МОРСКИХ ВОЛН

Есть и другие неиспользованные источники энергии Мирового океана. Среди них — энергия прилива.

Волны морские — это целые гряды изумрудно-зеленых и синих холмов. Они безостановочно бегут вперед, словно в тщетном порыве догнать друг друга, и вдруг с шумом обрушиваются на берег. Стоя на берегу, вы чувствуете, как после каждого удара волн колеблется земля под вашими ногами, а белый фейерверк брызг взлетает на несколько метров.

Сила морского прилива огромна. Многочисленные случаи, когда его удары подбрасывали на десятки метров громадные глыбы весом в несколько тонн. Давление, которое оказывает волна высотой в 2—3,5 м при ударе о стенку, достигает десятков тонн на квадратный метр.

Но, к сожалению, практически эта неисчерпаемая энергия используется сегодня все еще незначительно. Немногие установки, работающие от энергии волн, пока не имеют большого энергетического и промышленного значения. Это объясняется прежде всего тем, что данный источник энергии крайне непостоянен: сегодня море обрушивает колоссальную энергию волн на прибрежные скалы, а завтра только легкая зыбь рябит ровную морскую поверхность.

Однако есть в океанах и морях побережья, где волны бушуют всегда. Построенные в таких местах «волновые ГЭС» способны дать миллиарды киловатт-часов электроэнергии.

...Белое здание волновой ГЭС расположилось на участке океанского побережья, где беспрестанно бушует при-



бой. Гряды за грядой бегут мощные волны. Их перехватывают широкие трубы раструбов. Энергия волн концентрируется, ускоряется их бег по трубе, и в высоко поднятое над морем водохранилище льются потоки воды. Поднятая силой прибой вода и вращает турбины гидростанции. Так работает одна из экспериментальных волновых ГЭС.

Сегодня существует и много других проектов волновых ГЭС, которые, по утверждению авторов, способны достаточно легко, полно и экономично превращать энергию волн в электрический ток. Один из проектов предусматривает использование в волновых ГЭС так называемых «волновых генераторов»; в других в качестве основного элемента выступают поднимающиеся и опускающиеся поплавки, движение которых будет передаваться насосам, качающим воду в расположенные на возвышенностях водохранилища, вытекая из которых вода и приведет в движение лопасти турбин электростанции. В некоторых конструкциях волновых ГЭС предлагается установить раскачивающиеся буи и энергию их качания с помощью специальных устройств передавать на берег. Инженеры считают, что в качестве буя целесообразнее всего применить заякоренные поплавки с гибкими стенками или поршнями, вдавливаемыми внутрь давлением воды при набеге волны и раздвигаемыми вновь пружиной с генератором, работающим от этих движений поршней и находящимся внутри поплавка.

На несколько ином принципе основано действие так называемых таранных волновых станций. Они представляют собой конусы, открытые навстречу ударам прибой своими широкими отверстиями, но постепенно сужающиеся и переходящие в тонкую и длинную трубу. Конусы эти как бы концентрируют в себе энергию волны на довольно большом пространстве, и струя воды, бегущая при ударе волны во внутреннюю сужающуюся часть трубы, приобретает значительную скорость, которая оказывается достаточной, чтобы воде взлететь по трубе на высоту и излиться в расположенный там бассейн. Действие этого устройства во многом подобно действию водяного тарана; служит оно, как и последний, для накачивания воды в расположенные выше бассейны. А уже изливаясь оттуда, вода приводит в движение обычные водяные турбины.

Интересный проект волновой ГЭС разработали английские энергетики из Эдинбургского университета: у западных берегов Британии предполагается погрузить на деся-

тиметровую глубину в горизонтальном положении километровой железобетонный цилиндр, внутри которого сорок лопастных колес под действием волн будут вращать генератор...

Сегодня перед учеными и инженерами стоят большие и сложные задачи — заставить энергию морей и океанов работать на благо человека. В этом направлении успешно ведутся не только исследовательские и проектные работы; идет и практическая реализация многих проектов.

Мировой океан поглощает значительную часть солнечной энергии, падающей на земной шар. Верхние слои воды прогреваются до температуры 26—30°, глубины же остаются холодными: морская вода на глубине 1000 м имеет температуру 4—5°. В этом перепаде температур скрыта немалая энергия. На первый взгляд кажется трудно преодолимым препятствием то, что разница температур между глубинными водами и водами поверхностными составляет только 22—25°. Получающееся при этом давление пара также весьма низкое. Естественно, что паротурбинные установки, использующие такой перепад температур и давлений, будут и громоздкими и малоэкономичными по сравнению с обычно применяемыми на тепловых электростанциях. Но в целом ряде случаев, когда складываются особенно благоприятные условия — местные, экономические и т. д., — целесообразность таких установок будет несомненна.

Именно такие условия налицо в Абиджане — тропическом побережье Африки, на Береге Слоновой Кости. Тут сразу же у берега имеется глубокая океанская впадина, позволяющая с наименьшими усилиями достигать достаточно глубоких холодных слоев воды (холодную воду станция получает с глубины в 500 м). Тут же, в прибрежной лагуне, пассивно прогреваемая солнцем вода имеет температуру даже выше, чем в открытом океане, — порядка 30°. Кроме того, рентабельность постройки этой установки повышается и наличием спроса на холодную воду, поднимаемую со дна океана, для создания прохлады в домах этого тропического города, где вместо центрального отопления практикуется «центральное охлаждение» квартир. Пойдет здесь применение и пресная вода, получаемая из конденсата, и концентрированный раствор морских солей. Принимается во внимание и рыба, засасываемая в двухметрового диаметра трубы, по которым подается как

холодная вода из глубины океана, так и теплая с его поверхности.

Мощность этой гидротермальной электростанции 14 тыс. квт. Установка будет работать по следующему принципу: теплая вода с поверхности тропического моря подается насосом в «паровой котел», а затем пар поступает в турбину. Конденсируется он в конденсаторе, охлаждаемом холодной водой, подаваемой с больших глубин.

В США в настоящее время также разработан проект подводной гидротермальной электростанции. По мнению специалистов, только участок Гольфстрима в зоне США может дать энергии в 75 раз больше потребности в ней страны в 1980 году.

В Советском Союзе подобные энергетические «лагуны» расположены у юго-западного побережья Сахалина, у берегов Крыма, Кавказа, около Баку и т. д. Строительство таких станций пока еще дело будущего; сегодня решаются лишь основные технологические и конструктивные проблемы.

За последние годы появился и новый тип электростанций, использующих тепловой перепад между наружным холодным воздухом, имеющим температуру 20—25°, и теплой подледной водой положительной температуры.

Такие электростанции предложил французским физиком Баржо. Как и все тепловые паросиловые установки, они имеют три главные части: котел, в котором вырабатывается пар, турбину, в которой он, охлаждаясь, отдает заключенную в нем энергию, и конденсатор, где пар снова превращается в жидкость.

Самая «горячая» часть установки — котел. Он «отопливается» водой, засасываемой насосами из-под толстого слоя полярного льда. Эта вода смешивается в котле с жидким бутаном, и бутан закипает, как закипает вода, смешанная с расплавленным свинцом. И так же как застывает при этом расплавленный свинец, так замерзает в кипящем бутане и вода. Образующийся лед тяжелее бутана, его куски опускаются на дно: это не что иное, как «шлак» «котла» Баржо.

Бутановый пар температурой около 0° направляется в турбины и, пройдя их, поступает в конденсатор, где и конденсируется на кусках соленого льда, имеющего температуру наружного воздуха около —20°. Часть льда при этом плавится, и вода откачивается из конденсатора. Жидкий бутан не смешивается с образующейся водой, он легче

и поэтому всплывает над ней. Сжиженный бутан снова направляется в котел, где смешивается с новой порцией теплой подледной воды.

Таков технологический цикл работы электростанции, использующей тепловой перепад подледной воды и окружающего воздуха.

## ВОДА ВСЮДУ

Рассказывая о самых необычных конструкциях электростанций, работающих на «белом угле», нельзя не упомянуть еще об одной, поистине фантастической электростанции, над которой интенсивно трудятся сегодня ученые во всех странах мира. Речь идет о термоядерных электростанциях, термоядерный реактор которых призван обуздать энергию водородной бомбы для использования ее в мирных целях. Если в обычных атомных реакторах происходит деление тяжелых атомов таких металлов, как уран или плутоний, то в термоядерных установках будет идти противоположный процесс — синтез атомов гелия из атомов тяжелого водорода. Именно термоядерная реакция служит источником энергии для Солнца и других звезд Вселенной.

Идея термоядерной реакции удивительно проста по своему замыслу, но осуществить ее пока еще никому не удалось, так как это сопряжено с колоссальными трудностями. Главная из них — создание и поддержание высокой температуры в зоне, где пойдет реакция.

Для того чтобы два ядра — дейтерия и трития, слившись в одно, образовали ядро гелия и выделили при этом энергию, их надо сблизить друг с другом. А сблизиться они «не хотят»: ведь оба ядра обладают положительными зарядами, и силы электрического отталкивания не позволяют им сблизиться. Однако преодолеть эти силы отталкивания можно. Для этого надо разогнать ядра, сообщить им большую скорость. Это можно сделать, нагрев вещество до высокой температуры. Но даже и при температуре в миллион градусов термоядерная реакция почти неощутима, ядра почти не сталкиваются между собой. Лишь при температуре в несколько сот миллионов градусов начинается выделение термоядерной энергии.

Но нагреть газ, состоящий из дейтерия и трития, до

температуры в несколько сот миллионов градусов — только полдела. Надо этот газ (плазму) удержать при такой температуре, не дать ему охладиться. А плазма охлаждается удивительно легко и быстро. Ее теплопроводность в миллион раз больше, чем у самого теплопроводного металла — серебра.

Конечно, ни одно из известных нам веществ не может выдержать, оставаясь в твердом состоянии, температуру, например, в 100 млн. градусов. Уже при 4—5 тысячах градусов оно плавится и испаряется. Да если бы и нашлось твердое вещество, способное выдержать температуру в миллионы градусов, мы не могли бы сделать из него сосуд для «хранения» высокотемпературной плазмы: ведь едва эта плазма пришла бы в соприкосновение со стенкой сосуда, она сразу бы остыла и термоядерная реакция в ней прекратилась. Как же быть? Из чего сделать сосуд для хранения плазмы, имеющей стомиллионную температуру?

Выход из положения ученые видят сегодня в создании таких магнитных систем, которые смогли бы удержать в себе плазму и не дать ей остынуть.

Экспериментальные установки для исследований в этой области носят самые экзотические названия — «Токмак» в Советском Союзе, «Гелсотрон» — в США и т. д.

Пока еще никому не удалось добиться такой управляемой реакции синтеза, при которой высвобождалось бы больше энергии, чем потребляется, хотя ученые бьются над этим многие годы, используя мощные магниты, лазеры, пучки электронов и другие средства.

Постепенно, дюйм за дюймом, приближаются к заветной цели большие коллективы исследователей. И если когда-нибудь удастся осуществить управляемую реакцию термоядерного синтеза, то проблема нехватки топлива для производства электроэнергии навсегда уйдет в прошлое. В термоядерном реакторе могут использоваться в качестве топлива тяжелые изотопы водорода — дейтерий и тритий. Последний можно получить в самом реакторе с помощью нейтронов, возникающих в процессе синтеза. Дейтерий же берется из воды.

Итак, опять вода, но уже в качестве горючего! Мы еще раз убеждаемся, что рождение электрической энергии неотъемлемо от воды...

Электрогидравлический эффект... Сущность этого недавно открытого явления поражает своей простотой.

Удивительны и практические результаты данного открытия. Оказалось, что электрический заряд в воде порождает вокруг себя давление в сотни и даже тысячи атмосфер. Электрическая искра своим ударом на миг сжимает воду, которая считается несжимаемой. Эта ударная волна свободно и бесшумно разрушает огромные валуны, дробит в мельчайшие эмульсии твердые порошки. Вода как бы служит посредником, она помогает электричеству превратиться в механическую работу.

Электрические разряды, расталкивая молекулы воды, способны обрушить на поршень мгновенные удары силой 100—200 т. Сегодня в этом уже просматриваются машины будущего. Это и самый мощный вибратор, неожиданную, колоссальную силу которого можно применить буквально всюду. И бур нового типа, который поможет добывать нефть, пробьется к подземным водам в знойных среднеазиатских пустынях. Конструкторы думают ныне и над тем, как этот могучий вибратор применить для вибропахоты, которая облегчит зимний посев в мерзлую землю.

Но многое уже сегодня из мечты превращается в реальность. Взять хотя бы электрогидравлические насосы. Они уже показали результаты, невиданные в технике.

Насос — это не что иное, как прообраз будущего электрогидравлического двигателя, где вода станет преобразователем электрической энергии в механическую. По мнению специалистов, это будет и выгоднее и проще.

Сравнительно недавно вода стала движущей силой турбобуров, помогающих нашим нефтяникам. А не может ли подобный гидробур стать помощником и в сельском хозяйстве? Может! Применяемые в промышленности прогрессивные методы гидромеханизации уже дали и там хорошие результаты.

...По винограднику движется автогидробур. Вместо обычной механической вращающейся установки он имеет особой конструкции колонку, выпускающую под высоким давлением сразу четыре струйки воды, которые буквально за несколько секунд не только проделывают в грунте лунки, но и смачивают их. Растворенное удобрение, попав в лунку, будет хорошей питательной средой для молодых растений. Они быстро укоренятся, потянутся к солнцу. Десятисто девять кустов из ста, высаженных гидроспособом, обязательно приживаются.

До 20 тысяч кустов в смену высаживают виноградари с помощью одной такой машины.

Не повреждая корней растений, способом гидромеханизации можно даже в жару поливать хлопок, молодые посадки леса, яблони и ягодники, подкармливать растения, а если нужно, то и доставлять ядохимикаты к их корням. Не в пример обычному поливу, сорняки при гидромеханическом способе останутся без влаги. Кроме того, новый способ исключает опасность заболевания и засоления почвы.

Не далеко то время, когда на виноградниках, свекловичных и капустных полях появится гидробуровая машина непрерывного действия. Она сможет автоматически сажать, поливать и подкармливать пропашные культуры.

Уходят в прошлое и привычные, веками применявшиеся методы полива. Земли южных и среднеазиатских республик все еще жаждут влаги. И вот к ним вместо оросительных каналов все более тянутся новые поливные устройства — гибкие трубопроводы. Сделанные из водонепроницаемой ткани или пластических материалов, они раскатываются по полю поперек борозд. Когда в них подают воду, то она ровными струйками через мелкие отверстия растекается по бороздам. Закончен полив, трубопровод, словно пожарный шланг, скатывают в рулон и перевозят на другое место. 3—4 га в смену может полить человек, применяя гибкие трубопроводы...

Вероятно, не все знают, какую еще разнообразную работу выполняет сегодня вода. Без воды не может работать ни одна фабрика, ни один завод. Нет буквально ни одного грамма промышленной продукции, изготовленного без ее участия. Можно с уверенностью сказать, что ни одно вещество не потребляется в таком количестве, как вода.

Вода — не только сопутствующее вещество при производстве той или иной продукции. Она стала применяться и как инструмент.

Вода обрабатывает металл... Это может показаться невероятным. А между тем вода действительно способна заменять резец металлорежущего станка. Для этого необходимо направить ее на металл под очень большим давлением (до 10 тысяч атмосфер). Именно по такому принципу работает гидрокомпрессор, сконструированный сотрудниками Института физики высоких давлений Академии наук СССР. Новый метод весьма экономичен, ибо он значительно ускоряет время обработки металла. Вполне вероятно, что в будущем он найдет широкое распространение.

...Проблема прочности стекла родилась, наверное, вме-

сте со стеклом. Любой образец стекла имеет дефекты. Их сравнительно мало в объеме, в толще стекла, и очень много на поверхности. Но каким бы способом ни делались попытки снять этот дефектный поверхностный слой, в процессе работы будут нанесены новые, дополнительные дефекты. Одна лишь вода способна обойти эти трудности. Если образцы стекла обработать проточной водой, то ее поток не только снимет поверхностный слой, но и значительно упрочит образец: стекло взаимодействует с водой, его поверхность частично растворяется, изменяется его состав. Толщина снимаемого поверхностного слоя зависит от температуры и скорости протекания воды.

Обработанные таким способом образцы матового стекла, с которых был снят слой толщиной около 200 мкр, полностью сохранили свои сверхрассеивающие свойства, а прочность их увеличилась с 1 кг/мм<sup>2</sup> до 5,6 кг/мм<sup>2</sup>. В том случае, когда оптические свойства стекла не имеют определяющего значения, стекло можно упрочить в 10 раз по сравнению с его исходной прочностью.

## «КРАСНЫЙ УГОЛЬ»

Человек давно обратил внимание на очень интересное явление природы — горячие источники, выбивающиеся местами из недр Земли. Иногда наряду с обычными горячими источниками (родниками) встречаются периодически действующие (фонтанирующие) источники, выбрасывающие фонтаны горячей воды и пара на высоту до 100 м. Эти исключительные по красоте явления природы называются гейзерами.

Над озерцом горячей прозрачной воды чуть выются белые струйки пара. Вдруг вода вскипает, и фонтан кипятка и пара устремляется в небо. Всего считанные минуты длится извержение пароводяного вулкана, и снова успокаивается загадочная, чуть подернутая рябью поверхность озерца.

С точностью хронометра, не запаздывая ни на минуту, «работают» гейзеры. Какой механизм придумала природа, чтобы приводить их в действие, неясно еще и сегодня. Известно только одно: детали этого механизма скрыты глубоко в недрах земли.

По современным данным, тепло в земле образуется



преимущественно в результате процессов радиоактивного распада.

В глубинных зонах земной коры под влиянием высоких температур, огромного давления и химических воздействий происходит изменение структуры, минералогического, а иногда и химического состава горных пород. Воды глубинных недр растворяют минералы и образуют разнообразные горячие источники. Потоки тепла, поступающие из глубины, распределяются в верхних частях земной коры, там, где залегают подземные воды. Температура этих вод зависит от глубин их залегания, а также от того, перекрываются ли водоносные пласты непроницаемыми слоями глин, солей и других плотных горных пород.

Интересна закономерность повышения температуры подземных вод и вмещающих их горных пород по мере углубления в недра земли. В среднем на каждые 33 м углубления в недра температура повышается на  $1^{\circ}$ . Следовательно, если на поверхности земли средняя годовая температура равна, скажем,  $10^{\circ}$ , то на глубине 100 м она будет составлять около  $13^{\circ}$ , на глубине 1 км — около  $40^{\circ}$ ; на глубине 3 км температура достигает в среднем  $100^{\circ}$ , вода начинает кипеть. А уже на глубине полтора десятка километров может вырабатываться пар высокого давления, годный для паровых турбин.

На первый взгляд кажется, что полтора десятка километров — расстояние небольшое, но попробуй проникни на такую глубину! Даже средствам современной техники это не под силу. Поэтому пока человеку доступны только небольшие количества этого колоссального и практически неисчерпаемого источника энергии — термальных вод, которые просачиваются сквозь трещины и разломы земной коры.

Горячие воды и пар, таящиеся в недрах земли, называют «красным углем». Его запасы огромны. Но их, конечно, надо искать. Искать так же, как ищут залежи нефти и других полезных ископаемых. Из найденной залежи горячих вод по пробуренной скважине хлынет наружу не менее драгоценное полезное ископаемое — тепло.

Водяной пар и другие газообразные вещества могут выделяться и непосредственно из расположенных глубоко под землей очагов магмы. По трещинам в земной коре они поднимаются к поверхности земли, постепенно охлаждаясь, и в виде пара или горячей воды выходят наружу.

Вполне вероятно и проникновение атмосферной воды по трещинам в расположенные вблизи магматических источников области земной коры. Нагревшись, атмосферная вода также выходит наружу в виде горячего источника.

Так или иначе энергия земных глубин практически неисчерпаема.

На земном шаре все больше стало городов и других населенных пунктов, которые используют воды горячих источников для отопления и теплофикации. Полностью отапливается ими, например, Рейкьявик — столица Исландии. Воды горячих источников используются и для плавательных бассейнов и теплиц, где выращиваются всевозможные овощи и фрукты, даже бананы.

Славится своими горячими источниками и Новая Зеландия. Здесь «красный уголь» применяется не только для различных бытовых и хозяйственных нужд, но и для выработки электроэнергии. В районе города Вайракей на подземном паре работает электростанция с годовой выработкой электроэнергии более 1 млрд. квт·ч (около 20% всей выработки электроэнергии в Новой Зеландии).

На Аляске известна Долина десяти тысяч дымов, где горячие источники и гейзеры выбрасывают в воздух более 20 тыс. т пара в секунду; температура пара достигает нескольких сотен градусов.

В Японии горячими подземными водами производят термальное орошение рисовых полей.

Около пятидесяти крупных бассейнов термальных вод обнаружено в недрах нашей страны. Месторождения горячих вод есть на Кавказе, в Средней Азии, Казахстане, на Украине и в европейской части РСФСР. Самое крупное подземное море горячей воды не так давно открыто в районе Западно-Сибирской низменности. Протянулся этот грандиозный артезианский бассейн от предгорий урала до Енисея. Площадь его достигает 3 млн. км<sup>2</sup>. Подсчеты показывают, что только Западно-Сибирский и Казахстанский артезианские бассейны могут давать каждые сутки 15 млн. м<sup>3</sup> горячей воды. Ее достаточно, чтобы теплофицировать сто городов с миллионным населением каждый.

Особенно богаты термальными водами Курильские острова и Камчатка.

Далекая Камчатка... Пожалуй, самый живописный ее уголок — Долина гейзеров. Здесь все пропитано запахом серы. Склоны Долины горячи, их покрывают диковинные

цветы из кристаллической серы, белесые узоры пашатыря, какие-то розочки тончайшей «работы». Возле гейзеров склоны покрыты гейзеритом — кремнистыми отложениями солей минерализованной воды. Эти отложения бывают то жемчужного, то коричневого, то ярко-оранжевого оттенков. В Долине множество теплых, горячих и кипящих озер и просто лужич самого разнообразного цвета (от небесно-голубого и бирюзового до кирпично-красного). В зарослях шеломайника фыркают и плюются грязевые котлы, а на склонах с источниками каждый сантиметр попыхивает, булькает крошечными горячими фонтанчиками — живет своей напряженной жизнью, напоминающей о далеком прошлом нашей Земли. Гудит под ногами почва, на самых горячих ее участках растет предательски зеленая травка. Не ступайте на нее — обожжетесь!

Удивительно хороша Долина в предвечерние часы, когда воздух становится прохладнее и вся она курится множеством столбов, струй и струек пара. Громадные клубы его медленно поднимаются над грифонами гейзеров, застилают солнце и Долину. Мощная струя горячей воды в первые тридцать секунд извержения Великана, одного из самых крупных гейзеров, бьет на 30—35 м вверх, а столб пара достигает высоты 300—400 м.

Такая картина неизменно предстанет перед каждым, кто побывает на Камчатке в Долине гейзеров...

Термальные воды используются, как мы уже говорили, не только для теплофикации городов, теплиц и парников, они служат и колоссальным источником получения исключительно дешевой электрической энергии.

Не лишен интереса такой факт: глубинные горячие воды нашей планеты по запасам тепловой энергии равны всем мировым запасам угля, нефти, газа, торфа, вместе взятым. Если полностью использовать этот подземный термальный клад, то человечество получит фантастическое количество электрической и другой энергии.

Добыча термальной воды и пара в районах подземных источников не представляет больших трудностей. Бурится обыкновенная скважина глубиной в несколько сот метров, и из нее начинает бить неслабеющий поток водяного пара. Правда, направить этот пар, рожденный в недрах Земли, сразу в паровую турбину нельзя. В нем много механических примесей — песка, камней, оторвавшихся от твердых пород; они будут забивать лопатки турбины. Вместе с паром выбрасывается и много самых различных химиче-

ских веществ, в том числе борная кислота, углекислый газ, гелий, которые, в свою очередь, могут вызвать коррозию лопаток и других агрегатов турбин. Вот почему пар сначала очищают от этих примесей, получают из него чистый конденсат, а затем уже этот конденсат испаряют теплом новых порций пара. Этот вторичный пар и работает в турбине.

В Италии, в Лордерелло, имеется около 200 скважин, из которых получают свыше 3 тыс. т пара с температурой до 240° и давлением до 6 атм. Этот пар приводит в движение турбины семи электростанций. Общая их мощность свыше 500 тыс. квт, а годовое производство энергии достигает 4 млрд. квт-ч. Стоимость электроэнергии электростанций в Лордерелло самая низкая в Италии.

Геотермоэлектрические станции построены и в нашей стране. В 1967 году в 200 км от Петропавловска-Камчатского введена в эксплуатацию первая в нашей стране опытно-промышленная Паужетская геотермальная электростанция мощностью 5 тыс. квт. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой ею, в 10—15 раз ниже, чем у дизельных электростанций, работающих в различных районах Камчатки. В настоящее время ведутся работы по наращиванию мощностей Паужетской геотермальной электростанции. Ее мощность будет доведена до 25 тыс. квт. Проектируются и новые геотермальные электростанции. В ближайшие годы будет построено две из них на Камчатке и одна на Курилах.

Большие перспективные источники геотермальных вод имеются на Кавказе — в районе горы Эльбрус, Грозного, Тбилиси. Здесь в дальнейшем также намечается создать несколько геотермальных электростанций.

## **ВОДА — ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО БУДУЩЕГО**

Несколько десятков лет назад геологи и энергетики, подсчитав величину разведанных запасов угля, нефти и газа, нарисовали весьма мрачную картину. Первыми иссякнут источники нефти. Настанет время, когда исчезнут уголь и газ. В топки котлов будет брошено все, что имеет хотя бы малейшую способность гореть. Но и эти запасы

небеспретельны. На земле настанет чудовищный энергетический голод. И цивилизация погибнет.

Однако прошли годы, а эти грустные прогнозы не оправдались. Растет добыча угля, нефти и газа. Еще стремительнее увеличивается количество разведанного топлива. Все дальше отодвигается та роковая дата, когда человечество станет перед фактом истощения подземных кладовых, содержащихся в недрах земли вот уже миллионы лет.

Так что же, значит, запасы ископаемых топлив на земле неисчерпаемы и призрак энергетического голода — это вымысел?

Нет, этим запасам рано или поздно придет конец. По данным ООН, к 2000 году будет израсходовано 87% мировых запасов нефти и 73% природного газа (имеются в виду месторождения на суше). Тем не менее энергетический голод человечеству не грозит. Задолго до этого люди научатся получать новые виды энергии для своих нужд из еще более обширных кладовых.

Богатейшим источником энергии явится вода рек, озер, морей и океанов.

— Вода в качестве горючего?!

— Да!

Впервые эту идею высказал в 1875 году знаменитый французский писатель-фантаст Жюль Верн в своем романе «Таинственный остров». А теперь, спустя сто лет, ученые приступили к ее претворению в жизнь. Сегодня уже четко намечены пути перехода от углеродного топлива (уголь, нефть, природный газ) к новому виду энергии — чистому водороду. Водород широко распространен в природе. Мир, в котором мы живем, — по преимуществу водородный мир. Ядро водорода — элементарная частица — входит обязательной составной частью в ядра всех других элементов Вселенной.

Разделить воду на ее составляющие и таким образом выделить водород — технически несложно. Для этого достаточно воспользоваться известным всем со школьной скамьи методом электролиза. Мы знаем также, что ресурсы для получения водорода практически безграничны.

Из всех известных видов топлива водород самый энергоемкий: по теплотворности на единицу веса он в 2,5 раза превосходит природный газ, в 3,3 раза — углеводороды нефти, в 8,3 раза — древесину. К тому же водород не только самый активный, но и самый чистый из всех суще-

ствующих видов топлива. Он не загрязняет атмосферу и является звеном естественного цикла регенерации природных ресурсов. В самом деле, в каком бы виде ни применялся водород в двигателях, основной составной частью отработанных газов является водяной пар, который в виде атмосферных осадков вернется обратно в океан и пополнит запасы энергии.

Есть у водорода и другие преимущества. В отличие от электричества, которое невозможно хранить про запас, водород в газообразном состоянии можно накапливать в подземных резервуарах, а в жидком и охлажденном виде — в огромных резервуарах под давлением. Из подземных хранилищ и резервуаров водород можно будет распределять по специальным трубопроводам и расходовать по назначению. Его можно будет использовать в домах для отопления и охлаждения. Он может быть широко применен и на промышленных предприятиях, служить топливом на электростанциях.

Пользование водородным топливом в домашних и промышленных условиях безусловно потребует некоторой реконструкции топливной аппаратуры, например, нужно будет установить несколько модифицированные горелки с меньшими отверстиями. Сами же нагревательные и другие установки будут значительно меньше и конструктивно проще.

Чтобы обеспечить полное сгорание водорода в двигателях внутреннего сгорания, необходима весьма небольшая модификация их карбюраторов.

Следует сказать, что у нас в стране и других высокоразвитых в техническом отношении государствах разработаны экспериментальные водородные двигатели для автомобилей, самолетов, океанских лайнеров. Результаты их испытаний, по оценке специалистов, весьма многообещающие. Таким образом, в самом недалеком будущем на водородное топливо можно перевести морской и речной транспорт, поезда, автобусы и грузовики. Несколько сложнее обстоит дело с переводом на водородное топливо легковых автомашин: здесь надо решить проблему размещения достаточного количества газообразного водородного топлива. Но и она успешно решается учеными и инженерами.

Итак, у водородного топлива, как мы уже сказали, много различных преимуществ, но есть и недостатки. К ним относится прежде всего небезопасность его использова-

ния: ведь были же в истории применения водорода (правда, не в качестве топлива) курьезные случаи. Например, история с дирижаблем «Гиндербург». Воспламенившись в закрытом резервуаре, водород, используемый в качестве подъемной силы, вызвал страшный взрыв и погубил дирижабль.

Действительно, водород в соприкосновении с воздухом может образовывать взрывчатую смесь — легко воспламеняющийся гремучий газ. Его бесцветное пламя имеет высокую температуру и обладает способностью прорываться через самые незначительные отверстия. Но, будучи самым легким элементом, на открытом воздухе и в хорошо вентилируемых местах вытекающий газообразный или жидкий водород так быстро улетучивается, что фактический риск его воспламенения меньше, чем у бензина. Поэтому водородный взрыв — явление довольно редкое.

При соблюдении определенных условий техники безопасности водородное топливо — жидкий водород — является превосходным топливом и для ракет. Несомненно, это топливо в будущем станет играть большую роль в работе орбитальных станций и связывающих их с Землей транспортных космических кораблей.

Со временем водородом можно заменить и природный газ, который широко используется сегодня в промышленности и быту и запасы которого будут исчерпаны в первую очередь. Правда, в настоящее время водород еще не может конкурировать с природным газом по цене, и, кроме того, будучи самым легким в природе веществом, водород уступает природному газу по теплотворности на единицу объема. Но постепенно, когда резервы природного газа начнут истощаться и стоимость его поднимется, водород окажется единственным возможным заменителем газа. Вначале его будут использовать в виде добавки к природному газу, чтобы растянуть его запас на возможно большее время; он также может быть использован и как составная часть смеси синтетических газов, полученных новыми процессами газификации угля.

Главным условием перехода всего народного хозяйства на новый вид топлива является, конечно, производство дешевого водорода. Производимое сегодня у нас в стране и за рубежом сравнительно небольшое количество водорода идет главным образом на промышленные нужды химических и нефтеочистительных предприятий. Получается водород в основном химическим путем из нефти, угля и

природного газа. И лишь незначительный процент от общей добычи водорода дает электролиз воды. Этот процесс, к сожалению, пока еще дорогой, так как требует большого расхода электроэнергии. Применяется он исключительно в местах с дешевой электроэнергией.

В случае, когда народное хозяйство полностью перейдет на водородное топливо, расход его будет настолько велик, что только электролиз на базе широкого использования ядерной энергии сможет удовлетворить спрос.

В океане на огромных искусственных островах недалеко от берега будет сооружена цепь мощных атомных электростанций; вырабатываемое ими электричество вместо того, чтобы передавать на землю, будут использовать тут же, на месте, для электролиза морской воды — разложения ее на водород и кислород. Полученный таким образом водород станет подаваться на материк по системе подводных трубопроводов.

Сегодня разрабатываются и другие способы «добычи» в больших количествах дешевого водорода. Интересные работы в этом направлении ведут советские ученые. Речь идет о проекте «Фотоводород», который успешно осуществляют научные сотрудники Института фотосинтеза АН СССР в Пущино и химического и биологического факультетов Московского государственного университета.

Могучий процесс жизнетворения — фотосинтез — всегда привлекал внимание ученых. За последнее время с помощью самых современных методов исследования и совершенных приборов советским ученым удалось воспроизвести это таинство природы в лаборатории, в общих чертах установить его химический и физический механизм. Фундаментальные исследования открыли, в частности, возможность использования секретов природы для извлечения из воды не только кислорода, но и водорода.

Не вдаваясь в подробности самого процесса, скажем только, что управляемый человеком фотосинтез может быть приостановлен на нужной стадии, то есть в тот момент, когда в живых клетках образуется сильный восстановитель, появляются соединения, действуя на которые биокатализаторами, можно выделять и отбирать водород. Ведь в природе некоторые виды микроорганизмов, бактерий, сине-зеленых микроводорослей под действием света энергично вырабатывают водород. Учеными получен удивительный порошок — активный белок — фермент гидрогеназа в чистом виде. Это уникальный биокатализатор.



Он одновременно может участвовать в реакциях и выделения и поглощения водорода.

А как это будет осуществляться практически? Представим себе мысленно искусственный водоем, сооруженный в пустыне, где много солнечной энергии. Водоем этот заполняют микроводорослями или массой хлоропластов, которые ученые научились выделять из растений. В этот же водоем добавляют бактерии, активно вырабатывающие гидрогеназу. Остается продумать технологию отвода продукции — оснастить водоем трубами и устройствами для сбора и транспортировки водорода и кислорода — и фотосинтетическая фабрика заработает. Расцветет водородный «цветок». Подсчеты ученых позволяют определить и объем продукции такой фабрики. Они утверждают, например, что если занять таким «цветком» площадь, сравнимую с площадью Москвы в границах окружной дороги, то производимый на ней водород полностью обеспечит энергетические нужды страны.

Сегодня все это пока звучит несколько фантастично. Но ученые оптимистически смотрят на проект «Фотогазодор», они полны решимости довести начатое дело до конца — постичь тончайшие нюансы механизма фотосинтеза и превзойти природу.

Нет сомнения в том, что самый распространенный на земле природный минерал — вода станет в недалеком будущем и главным энергетическим топливом планеты.

## ВОДА И ПЛАМЯ

Природа часто подсказывает ученым и изобретателям самые интересные идеи, решение многих практических задач. Возьмем, к примеру, опять же воду. Казалось, что ее природу мы изучили хорошо. Но сколько еще неизвестного в ее поведении, сколько хлопот она еще доставляет человеку!

До недавнего времени вода в угольных шахтах была злейшим врагом шахтеров, приносила им массу неприятностей. Чтобы предотвратить разрушительное действие воды, на многих шахтах круглые сутки работают насосы, откачивающие воду на поверхность. Но вот ученые и инженеры превратили воду из злейшего врага в верного помощника шахтеров. Вода теперь не только добывает уголь, руду и другие полезные ископаемые, но и транспортирует

их на-гора, к обогащительным фабрикам, к топкам паровых котлов.

Мы привыкли считать воду и врагом почти любого процесса горения. Если дрова или торф имеют повышенную влажность, то они очень плохо горят. Если в жидком топливе оказывается свыше 10% воды, то использовать его в качестве горючего становится также затруднительно. В этих случаях обычно прибегали к выпариванию воды из жидкого топлива, что обходилось очень дорого, а, главное, эффект при этом достигался незначительный.

А как быть в том случае, когда горючее содержит 30—40 или даже 50% воды? Считалось, что такое топливо вообще использовать нельзя. На обводненное топливо, являющееся, как правило, побочным продуктом других производств — мазут, смолы, шламы углеобогащительных фабрик и так далее, — еще до недавнего времени смотрели как на бросовое. Миллионы тонн такого топлива обычно скапливались на нефтеперегонных заводах, нефтебазах, углеобогащительных фабриках. Передко оно создавало нефтяные и так называемые шламовые озера.

Советские ученые нашли эффективные методы использования этой топливной «целины». Группа научных сотрудников Института горючих ископаемых установила, что если топливо, в котором вода находится в виде слоев и прослоек, подвергнуть диспергированию — тщательно, равномерному перемешиванию и раздроблению твердых частиц в различных устройствах: диспергаторах, коллоидных и шаровых мельницах, а также с помощью пара, воздуха, ультразвука и т. д., то такая смесь воды с топливом превращается в однородные системы — эмульсии и суспензии, которые при распыливании их форсункой в топке горят не хуже чистого мазута, хотя в каждой капле такого топлива может содержаться до 50% воды.

В чем дело? Почему, например, мазут с семипроцентным содержанием воды горит плохо, а обводненная эмульсия оказывается хорошим топливом? Почему вода из вредной примеси превратилась в составляющую нового вида топлива, способствующую более полному его сжиганию?

На эти вопросы ответила природа, а ученые разгадали ее тайны.

Оказывается, при сгорании предварительно эмульгированного обводненного жидкого топлива наблюдается интересное физическое явление. Мельчайшие (в 1—3 мкр диаметром) капельки воды, равномерно распределенные в

массе топлива, при его сжигании создают микровзрывы. Возникают они за счет разницы температур кипения воды и мазута. Микровзрывы обеспечивают хорошее смешение жидкости с кислородом. Это явление и способствует интенсификации процесса горения обводненного мазута, который сгорает полностью, даже не оставляя следов сажи.

В топках можно сжигать не только обводненное жидкое топливо, но и твердое топливо при большом содержании в нем воды. Для этого необходимо из такого топлива приготовить хорошо перемешанные суспензии. При сжигании водоугольных суспензий (равномерная смесь мелких частичек угля с водой) также происходит интересное явление: вода, испаряясь, уносит с собой все инертные примеси, поглощенные поверхностью угля, активизирует эту поверхность. Благодаря этому создаются благоприятные условия для воспламенения топлива при значительно более низких температурах, чем температура воспламенения сухого угля. Кроме того, в процессе самого горения водяной пар активно вступает в реакцию с углем, выполняя при этом роль промежуточного окислителя. Сгорание оказывается более полным, чем даже у сухого угля.

Таким образом, вода и в этом случае из врага стала, по существу, активным пособником процесса горения, а водотопливные смеси, приготовленные из воды и топлива (жидкого или твердого), являются новым видом энергетического топлива со свойствами, резко отличающимися от свойств как мазута, так и угля.

Практика показала, что применение концентрированных водотопливных смесей позволяет значительно повысить эффективность работы теплоэнергетических агрегатов, например мартеновских и нагревательных печей, паровых котлов промышленных котельных, тепловых электростанций и т. д. Метод эмульгирования обводненных топлив дал хорошие результаты в паровых котлах судов речного флота и нефтяных баз, где сжигались не только обводненные мазуты, но и зачистки из барж и цистерн.

На углеобогащательных фабриках использование для собственных нужд водоугольных суспензий позволяет полностью ликвидировать сбросы обводненных отходов углеобогащения и существенно упростить технологическую схему обогащения угля. При этом важно и другое: для приготовления и использования водотопливных систем не

требуется специального оборудования. Эти смеси можно сжигать в обычных топках, а для их приготовления использовать существующее серийное оборудование.

Работы, проведенные Институтом горючих ископаемых, показали, что диспергированные водотопливные смеси: уголь + вода и мазут + вода при соответствующем соотношении компонентов обеспечивают устойчивый и экономичный процесс горения в топках паровых котлов. Вода при этом служит одной цели — интенсификации процесса горения.

Уже настало время, когда от экспериментальных исследований нового способа сжигания смесей твердых топлив с водой ученые пришли к практическому его внедрению в производство. Основная задача, которая ставится при этом, — максимальное использование отходов углеобогащения — хвостов флотации, шламов, тощих и газовых углей.

Успешно работает установка по приготовлению и сжиганию водоугольных суспензий в котельной шахты «Бургутинская-Северная» комбината «Луганскуголь». Введена в постоянную эксплуатацию первая в Советском Союзе комплексная установка по сжиганию отходов углеобогащения в виде водоугольных суспензий на Анжерской ЦЭС комбината «Кузбассуголь».

Ученые Института горючих ископаемых нашли и другой путь «сосуществования» воды и пламени. Ими разработан метод сжигания топлив и испарения воды с целью получения пара в одном общем топочном объеме под высоким давлением. Оказалось, что горение в камере при этом происходит при очень высоких тепловых напряжениях, которые примерно в тысячу раз превышают имеющиеся в обычных топках. Все это открывает большие народнохозяйственные перспективы. Можно будет получать пар непосредственно в топке, в процессе сжигания топлива.

Новый метод сжигания угля изменит буквально все процессы угледобычи и транспортировки.

...Словно гигантские стальные кроты, врываются в толщи каменного угля комбайны. Добытый уголь доставляется конвейерами и электровозами к главному стволу шахты. Клетки поднимают уголь на-гора. Сколько еще предстоит «путешествовать» углю, прежде чем он попадет на тепловую электростанцию! Но вот он доставлен на склад ТЭЦ. Подъемные краны, транспортеры разгружают его в

вагоны. Затем уголь подвергается дополнительной обработке: он высушивается в сушилках, и шаровые мельницы размалывают его в мелкую пыль, которая насосами подается в котельное отделение. В таком виде он и вдувается вместе с воздухом в топку. Сложен и недешев путь угля от забоя до топки ТЭЦ.

А теперь помечтаем. Хотя сразу надо предупредить: мечта наша вполне реальна. Мало того, она осуществима уже сегодня.

Добытый уголь здесь же, в шахте, дробилками будет размельчаться и смешиваться с водой. Из полученной смеси готовится водоугольная суспензия. Мощные насосы гонят это топливо по трубопроводам к потребителю — электростанции. Вот и все.

Транспортировка угля в виде суспензии по углепроводам обойдется значительно дешевле, чем перевозка его по железной дороге.

Проект единого топливно-энергетического комплекса, объединяющего шахту гидравлической добычи угля, трубопроводный транспорт суспензии протяженностью около 560 км и тепловую электростанцию мощностью 1600 мвт, выполненный «Теплоэлектропроектом» совместно с другими научно-исследовательскими институтами, показал, что использование угля в виде водоугольной суспензии может снизить почти на тридцать миллионов рублей капитальные затраты на строительство комплекса и уменьшить стоимость киловатт-часа электроэнергии почти на 20%.

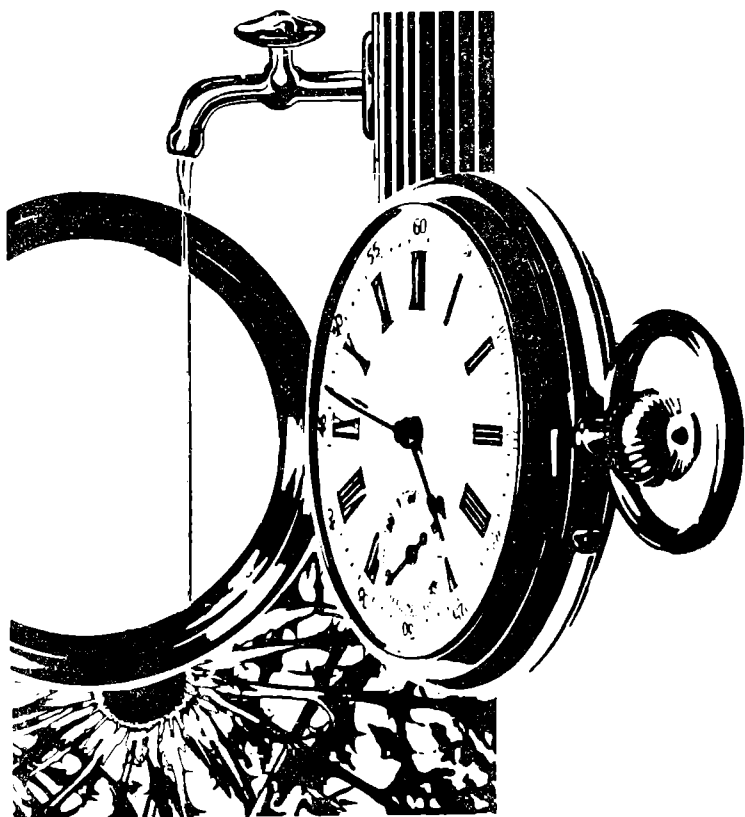
Дальнейшие экспериментальные исследования показали, что у водотопливных эмульсий большие перспективы, широкие возможности, в частности, они могут быть применены для интенсификации добычи нефти на отработанных месторождениях при вторичном использовании скважин.

Научными сотрудниками Института горючих ископаемых совместно с производственниками Башнефти предложен новый, очень эффективный и универсальный метод закачки в пласт парогазовой смеси, которая получается при сжигании или газификации любого жидкого или газообразного топлива (тяжелый мазут, нефть, дизельное топливо, газ попутный и т. д.) под давлением вместе с распыленной водой.



О ЧЕМ ГОВОРЯТ ЦИФРЫ И ФАКТЫ  
ПУСТЫНИ ПОЛНЫ ВОДЫ  
ВОДА ИЗ ВОЗДУХА  
БОЛЬШАЯ ВОДА  
РУКОТВОРНАЯ ВОДА





**ХВАТИТ ЛИ НАМ  
ПРЕСНОЙ  
ВОДЫ**

# О ЧЕМ ГОВОРЯТ ЦИФРЫ И ФАКТЫ

В последние десятилетия, особенно вскоре после окончания второй мировой войны, все чаще и чаще слышатся тревожные разговоры об угрозе водного голода на планете.

Дефицит водных ресурсов — не случайность, не катастрофа, перед которой вдруг оказалось человечество, а определенная закономерность жизни и деятельности человека на Земле. Сегодня люди все более осознают, что запасы воды не безграничны и что их потребности в воде беспрерывно растут, а кривая ее потребления стала очень близка кривой демографического роста, развития промышленности и сельского хозяйства, которые его сопровождают.

Статистические данные, определяющие количество воды, имеющейся в распоряжении человечества, а также потребности в воде, заставляют сегодня серьезно задуматься о проблемах, с которыми в недалеком будущем придется столкнуться человеку.

Пресной воды на земле всего около 30,5 млн. км<sup>3</sup>. К тому же основные ее запасы (97%) сосредоточены в горных ледниках и полярных шапках, которые находятся в отдаленных и малолюдных районах и практически не используются человеком. Только около 3% общего количества пресной воды — 826 тыс. км<sup>3</sup> — находится в реках, озерах, в почве (подземные источники), и это составляет лишь 0,06% всех водных ресурсов земного шара.

Казалось бы, и этого количества должно вполне хватить для удовлетворения потребности населения, которое в наше время, по подсчетам ученых, ежегодно расходует около 8 тыс. км<sup>3</sup> воды. Среднее потребление воды одним жителем составляет сегодня от 300 до 400 м<sup>3</sup>. (Эти цифры не включают воды, используемые для производства гидроэлектроэнергии. Они не учитывают также и оборота воды, так как это данные циркуляции, а не забора воды.) Однако потребление воды продолжает расти. Развивающаяся промышленность требует колоссальных ее количеств. Например, на производство только 1 т химического волокна затрачивается более 2 тыс. м<sup>3</sup> чистой пресной воды; 1 т резины или алюминия — 1500, 1 т газетной бумаги — 900, стали — 120 м<sup>3</sup> воды.

Еще больше расходуется пресной воды в сельском хозяйстве. Постоянное увеличение производства продуктов



питания вызывает необходимость расширения и освоения новых земель. Средний расход воды на 1 га искусственно орошаемых посевных земель составляет сегодня около 2 тыс. м<sup>3</sup> в год. Чтобы вырастить тонну зерна, требуется более 1 тыс. м<sup>3</sup> воды, риса — 4 тыс.

Возрастающее потребление воды приведет к тому, что к 2000 году ее расход составит 2500 м<sup>3</sup> в год на одного жителя! А если учесть, что население земного шара к тому времени удвоится, то потребление воды достигнет 15 млн. км<sup>3</sup> в год.

Из приведенных подсчетов следует, что к 2000 году человечество будет потреблять половину всех запасов воды, которыми оно располагает. Если же предположить, что население земного шара удваивается каждые 40 лет, то в 2040 году потребность в воде сравняется с ее имеющимися запасами. Человечество встанет тогда вплотную перед проблемой воды, ибо его существованию, а значит, и цивилизации будет угрожать серьезнейшая опасность. В отдельных странах такое положение уже наступило или наступит в ближайшие годы.

Около 60% всей поверхности земли являются сегодня зонами, страдающими от отсутствия или недостатка пресной воды. Более четверти человечества испытывает недостаток в пресной воде и почти 500 миллионов человек страдают от болезней, вызванных ее дефицитом и качественной неполноценностью.

Нехватка пресной воды особенно ощущается в таких странах, как Греция и Югославия. Вода там ценится дороже вина, поскольку привозится с далеких гор. Некоторые прибрежные районы этих стран пользуются пресной водой, привозимой на судах из других государств. Большое количество пресной воды импортируется Голландией из Норвегии.

Недостаток в воде испытывают и крупнейшие города мира: Нью-Йорк, Париж, Лондон. Власти этих городов вынуждены вводить ранее неизвестные им «нормы на воду». Все большее число продовольственных магазинов США, Франции, Западной Германии продают обычную пресную воду в бутылках.

В США «районами бедствия» объявлены: Калифорния, Нью-Джерси, Техас, Нью-Йорк, Колорадо, Пенсильвания, Южная Дакота и другие штаты.

В нашей стране недостаток в пресной воде пока ощущается не так сильно, как в других районах земного ша-

ра. Но нам тоже приходится считаться с возможностями рек и водосмов, ресурсы которых до недавнего времени казались беспредельными. Особенно остро нуждаются в пресной воде Донбасс, Криворожье, Северный и Западный Казахстан, Южный Алтай.

Нехватка воды во всем мире приводит к необходимости закрывать производства, исключает возможность строительства новых промышленных предприятий, а самое главное, ставит под угрозу здоровье и жизнь людей. В настоящее время ЮНЕСКО расценивает проблему обеспечения человечества пресной водой наравне с проблемой борьбы с голодом.

Мир озабочен сегодня тем, как предотвратить водный голод и обеспечить водой растущее население, промышленность и сельское хозяйство. Решается эта насущная проблема в разных странах по-разному. Но есть и общие, если можно сказать, стратегические направления в предотвращении надвигающегося водного голода. К ним относятся прежде всего рациональное использование пресной воды и ее сохранность от загрязнения.

Долгое время вода считалась ничего не стоящим даром природы. Сама возможность располагать практически неограниченным ее количеством в любое время для бытовых и других нужд привела к потере ощущения, что речь идет о драгоценнейшем благе.

Сегодня всем ясно, какую ценность представляет для нас вода, и тем не менее грустно сообщать, что многие потребители воды неэкономно ее расходуют, не по-хозяйски к ней относятся.

Проделаем несложный опыт, вооружившись стаканом и хронометром. Едва прикоснувшись к крану, мы открываем путь струйке воды толщиной всего в спичку. Смотрим на хронометр. Оказалось, что потребовалось всего сорок секунд, чтобы наполнить двухсотграммовый стакан. А теперь произведем несложные арифметические подсчеты и тем самым воочию убедимся, что такой кран, быть может, неплотно прикрытый хозяйкой, лишает нас 432 л воды в сутки, а это как раз столько, сколько необходимо каждому жителю Москвы.

А сколько у нас таких «плачущих» кранов или плохо отрегулированных сливных бачков, из-за которых в канализацию стекает хорошая питьевая вода. Только в одной Москве из-за неисправных кранов и бачков ежедневно утекает в канализацию около 300 000 т воды — суточный

паяк города с миллионным населением. Поистине целые реки с таким трудом добываемой воды уходят каждые сутки от нас, не принося никакой пользы.

Мы теряем много воды и оттого, что не все наши дома снабжены регуляторами напора. Ночью, когда потребность в воде падает, а напор сохраняется, потери воды настолько значительны, что даже трудно подсчитать тот урон, который мы имеем опять же по причине нашей бесхозяйственности.

Не меньше таких потерь и на промышленных предприятиях. Много лишней воды уходит на линиях мойки. Пресной водой, в том числе и питьевой, моют десятки и сотни автомашин. К водопроводным системам городов подключены охладительные установки промышленных предприятий. Достаточно сказать, что только в Краснодарском и Ставропольском краях из 1,2 млрд. м<sup>3</sup> питьевой воды, которая ежегодно используется предприятиями и населением, только 181 млн. идет на бытовые нужды. Предприятия Краснодара забирают из водопровода одну треть всей воды, тогда как жители этого города летом ограничиваются жесточайшими лимитами. Совсем недавно Краснодарский завод электроизмерительных приборов охлаждал установки токов высокой частоты питьевой водой, после чего эту воду сбрасывал в канализацию. В то же время в домах, расположенных рядом с заводом, не хватало чистой воды.

К сожалению, таково положение с использованием пресной воды не только в Краснодарском и Ставропольском краях. Большие потери ее и на предприятиях Дюпбасса, Запорожья и других городов, где и без того ощущается значительный недостаток пресной воды.

Проблема воды решается сегодня и путем изыскания новых ее источников. Подземные моря с пресной водой обнаружены почти на всех материках. Их воды обладают рядом положительных свойств (высокое качество воды, постоянство режима и др.). Однако интенсивное использование подземной воды чревато необратимыми последствиями. Уже сейчас имеют место нарушения существовавшего до сих пор в мире подземного стока пресных вод с материка в океан. Следствием таких нарушений и явилось вторжение по подземным руслам соленых океанских вод на сушу.

В качестве одного из вариантов решения проблемы водного голода ученые предлагают использовать арктические и антарктические льды материков. Ведь один айсберг сред-

них размеров — это сотни миллионов тонн воды, то есть столько же, сколько составляет годовой сток относительно небольшой реки, а в полярных водах плавают тысячи айсбергов. Сегодня уже существует несколько реальных проектов транспортировки айсбергов для снабжения водой Калифорнии, Бразилии и других стран Южной Америки и Австралии.

Не менее заманчивы и проекты переброски пресных вод из одного района в другой по каналам и водоводам. На первый взгляд кажется, что их сооружение стоит очень дорого и, следовательно, увеличится и стоимость подаваемой воды. Однако практика сооружения водоводов и каналов в Советском Союзе, США и других странах показала, что стоимость подачи по ним пресной воды зависит от расстояния и от величины водопотребления и окупается сравнительно быстро.

В некоторых районах эффективным будет опреснение морской и минеральной воды — даже для потребителей крупного масштаба.

Утолить жажду людей и земли можно сегодня и путем перераспределения стока воды, направив ее по каналам из мест, богатых пресной водой, в наиболее засушливые районы.

Ученые считают, что большие резервы воды находятся в пустынях. Много ее содержится и в воздушном океане.

## ПУСТЫНИ ПОЛНЫ ВОДЫ

Родившись где-то над просторами морей и океанов, облака белыми парусами наплывают на континенты и дарят им живительную влагу — воду, утоляя жажду растений и людей. Там же, куда не доходят океанические муссоны, раскинулись знойные пустыни и полупустыни, засушливые территории. Атакама, Сахара, Налеб, Калахари, Тар, Великая Австралийская пустыня и множество других земель постоянно изнывают от жажды.

Пустыня — это застывший океан волн — барханов, это каменистые плоскогорья, разделенные долинами и впадинами, и песчаные, покрытые гравием равнины. Пустыня — это раскаленное каменистое плато и отполированные ветрами глинистые такыры, растрескавшиеся на бесчисленные многоугольники, гладкие, словно каток, крепкие, как броня.

Пустыни — самые засушливые места на земле. За целый год в Австралийской пустыне не выпадает и 100 мм осадков. На протяжении 8—9 месяцев в году ни одного облачка не проплывает над ней, и только песчаные бури время от времени застилают небосклон, разрушая воздушные замки зыбких миражей.

На земном шаре немало и таких пустынь, пад которыми годами дождей не выпадает вообще. Например, в районе Асуанской плотины на реке Нил дожди не выпадают десятилетиями; годы отделяют один дождь от другого в пустыне Калахари и в североафриканской впадине Катара.

Но ни высокие температуры воздуха, достигающие 50° в тени, ни отсутствие достаточного количества пресной воды не могут полностью парализовать жизнь в пустыне. Опаленная солнцем, она, как ни странно, полна жизни. Вот из-за кочки появился большой черный жук. Это скарабей — знаменитый священный жук древних египтян. Не подозревая о своей известности, он катит темно-коричневый, величиной с голубиное яйцо, шарик, слепленный из верблюжьего помета. Быстро перебирая лапками, жук двигается задом, оставляя на песке за собой двойную косую на две стороны строчку следов. Вот он подкатил свою добычу к мохнатой кочке и припался рыть порку. Как только она будет готова, жук укроется в ней и, тщательно заделав вход, чтобы никто не помешал, станет пировать до тех пор, пока не съест все до последней крошки.

Бесшумно скользя, проползла тонкая изящная змея — стрелка. Приподнялась на передних ножках и замерла, рассматривая бисеринками глаз незнакомое чудовище, серо-зеленая ящерка агама. Неосторожное движение — и она, вильнув хвостом, исчезла в черном отверстии одной из бесчисленных норок...

Суровые природные условия пустынь затрудняют жизнь, оттесняют ее к редким колодцам с пресной водой и оазисам.

Вода, говорят туркмены, «дороже алмаза, сама жизнь». Чтобы жить среди зноя пустынь, человек должен не только научиться бороться с жестоким солнцем и ветрами, но и находить драгоценную воду. Поиск воды в пустыне труден, однако не столь безнадежен, как это может показаться на первый взгляд. Но где же искать воду, если вокруг, казалось бы, нет ни единого признака ее, ни кустика — только бесконечные цепи барханов?

Порой стоит копнуть поглубже в пизине старого высохшего русла или в ложбине, у подножия бархана, с подветренной стороны — и придет удача. Сначала на глубине одного-двух метров появится темный сырой песок, а через некоторое время лунку постепенно заполнит грунтовая вода. Знатки пустыни считают, что чем выше и оголенней барханные цепи, чем глубже ложбины между ними, тем больше шансов на успех.

В горно-пустынной местности источник воды можно отыскать у подножия горных плато, на обрывистых склонах. Местами вода выпотекает, покрывая густыми каплями породу, или скрывается под тонким слоем почвы, поросшей ярко-зеленой растительностью. Нередко после прошедших дождей вода скапливается во впадинах у основания скал, по краям галичной россыпки.

На близость грунтовых вод иногда указывают роение мошек и комаров после захода солнца, ярко-зеленые пятна растительности среди пространств голого песка.

В поисках воды нередко помогают и некоторые растения. В африканских пустынях таким растением — указателем подземного водонесника служит финиковая пальма. В пустынях Средней и Центральной Азии эту роль выполняет тополь разнолиственный — стройное деревцо, растущее по берегам русел высохших рек и ручьев. На его тонких ветвях соседствуют одновременно продолговатые, с заостренными концами листья, напоминающие ивовые, и обычные тополиные — в форме сердечка.

Помимо природных источников, в пустынях много подземных дренажных каналов. Они еще и сегодня встречаются по всему Ближнему Востоку, в Малой и Средней Азии. И везде они называются по-разному: канайеты — в Сирии, кяризы — в Ираке, кансасы, или канаты — в Иране, кяризы — в Туркменистане.

Наиболее древняя система подземных галерей была обнаружена в Сирии, западнее знаменитой Пальмиры. Больше всего кяризов в Туркменистане. Встречаются они во внутренних районах Копет-Дага, в Пынаурской долине, но наибольшее количество их — у подножия скалистых хребтов, граничащих с Каракумами.

Много кяризов и в окрестностях Ашхабада. Некоторые из них действуют и по сей день, играя определенную роль в водоснабжении столицы Туркмении.

В пустынях встречаются и искусственные водоемы-колодцы. Колодец располагается, как правило, неподале-

ку от караванной дороги, но он так тщательно укрыт от солнца, что неопытный человек может пройти в двух шагах, не подозревая о его существовании. О близости колодца можно узнать по ряду признаков: дорожке, идущей в сторону от стоянки каравана; тропе, вытоптанной многочисленными животными; стрелке, образуемой слиянием двух тропинок; грязному серому песку, покрытому овечьим или верблюжьим пометом. В пустынях нашей Средней Азии и сегодня существует такой обычай: древний череп, блестящий, как зеркало, и способный отражать свет во все стороны, падевают на куст саксаула и ставят недалеко от колодца. Если хочешь добраться до колодца, нужно идти в ту сторону, куда повернута глазница черепа. Везде череп — символ смерти, а вот в безводной пустыне он становится символом жизни, потому что показывает дорогу к воде.

В пустынях Центральной Азии у края караванных дорог нередко встречается груда камней и сухих веток с привязанными или нанизанными на них тряпочками, ленточками, бараньими лопатками. Это священный знак «Ибо», сооруженный неподалеку от священного или целебного водоемисточника...

Самая безводная пустыня на самом деле полна воды. Ведь почва поглощает из атмосферы водяной пар, и даже в совершенно сухом на вид пустынном песке содержится вода. Беда состоит в том, что частички почвы так прочно удерживают влагу, что порой бывает нелегко выжать ее оттуда. Однако человек научился это делать.

Пустыня в прошлом — это благодатный оазис, в котором было вдоволь воды. Но вот ушла вода, над оазисом сомкнулась пустыня. Пролетая сегодня над бескрайними пустынными землями, всюду видишь эти петляющие, запесенные песком староречья — сухие русла, пропавшие реки. Множество излуч, венозные разветвления дельт... Здесь когда-то была вода. А теперь печальное зрелище — сухое русло в песках.

Появилась легенда о неизбежном усыхании пустынь. Однако такого процесса в пустынях нет, в них и реки не исчезли бесследно, они лишь изменили свои русла. Поэтому гидрогеологи и ведут сегодня постоянную водоразведку, ища скрытые под землей источники воды. С помощью самолетов и вертолетов они напоятся на карту.

Исследования показали, что наши пустыни весьма богаты отличной пресной водой. Под их песками не только

реки, но и целые моря. Они простираются на сотни километров. По подсчетам директора Института гидрогеологии и гидрофизики Академии наук Казахской ССР академика У. М. Ахмусафина, только в Казахстане запасы пресной воды всех артезианских бассейнов и потоков грунтовых вод достигают 7,5 триллиона кубометров.

В пустынях, на глубинах, превышающих 500—700 м, артезианские бассейны заключают большие запасы термальных — теплых и горячих вод. Такие воды, обогащенные микроэлементами, способствуют ускоренному вызреванию сельскохозяйственных культур. Они могут быть использованы и для теплофикации, получения дешевой электрической энергии.

Пресная вода, добытая из подземных источников пустыни, значительно увеличивает площадь орошаемых земель и создает необходимые предпосылки для развития не только земледелия, но и промышленности. Пустыни уже отдают человеку богатейшие сокровища — нефть, газ, руды черных и цветных металлов...

## ВОДА ИЗ ВОЗДУХА

Ученые подсчитали, что на 70% всех обрабатываемых земель сейчас царит засуха. Она охватывает не только районы пустыни, но и некоторые районы средней полосы.

Как же напоить землю влагой? Человек давно бьется над этой проблемой. Он пока не научился управлять климатом в масштабах всей планеты, но изменять микроклимат отдельных районов уже умеет. Сегодня имеются многочисленные проекты самых различных сооружений, которые направлены на улучшение климата и отдельных континентов нашей планеты. О них мы уже частично рассказывали в предыдущих главах. Сейчас речь пойдет о некоторых вопросах взаимодействия человека с природой. Именно взаимодействия, ибо человеку не дано произвольно диктовать свою волю мирозданию. Лишь зная законы природы, он может заставить ее служить себе.

Почему, например, на большей территории нашей земли царит засуха? Оказывается, основная причина такого положения весьма простая — из почвы ушла вода. Произошло это в результате нарушения сложного механизма — единства почвы и воды. Чтобы понять этот механизм, человеку понадобились тысячелетия. В этом ему



помогли археологические раскопки ученых и практика земледелия.

Почему, например, леса и девственные степи в любую, даже самую сильную засуху не погибают? Почему в степях и лесах воды в почве всегда на 150—300% больше, чем рядом, в обрабатываемых почвах? Почему стоит только вырубить лес, как родники и озера исчезают и сразу же начинается иссушение и уничтожение почвы эрозией?

Попытаемся разобраться в водорегулирующем механизме, созданном природой, на примере почвы степей.

Под покровом степной растительности лежит дернина — сплошная густопереплетенная масса корней с частицами почвы. После разложения корней остается много створчатых с плотными стенками (наподобие губки), через которые вода и воздух легко проникают в глубь почвы. В то же время этот слой мешает воде свободно испаряться непосредственно из почвы, и испарение идет в основном через растения. Влага просачивается в глубь почвы, задерживается на водонепроницаемых слоях и ручейками вновь выносится на поверхность, питая реки, озера, болота...

И вот представьте себе, что плуг разрушает этот хитроумный механизм взаимодействия воды и почвы. Пласты дернины, исковерканные и перевернутые, не задерживают влагу, которая испаряется, уносится ветрами. Дернина создается десятками лет, а плуг каждый год перемешивает землю, не давая возможности образоваться переплетению корней.

В результате часто повторяющейся глубинной вспашки на поверхности поля образуется изоляционный слой, который не только прекращает накопление и сбережение воды, но и способствует интенсивному стоку талых и обильных дождевых вод, смывающих бурными потоками верхний слой почвы. Ветер довершает этот процесс, приводящий к эрозии. Подобное явление произошло в нашей стране при массовом использовании целинных земель, освоение которых началось в 1954 году. В 1958 году более 20% целинных земель оказалось полностью во власти ветровой эрозии.

Исследуя процесс взаимодействия воды и почвы, ученые пришли к интересному выводу: в водорегулирующем механизме почвы вода, проникающая туда из воздуха, играет не менее значительную роль, чем вода, выпадающая с дождями.

Ученые подсчитали, что в средней полосе СССР ветер, дующий со скоростью 5 м/сек, за сутки несет столько воды над участком длиной в 100 км и шириной в 1 км, что из этой воды можно образовать озеро длиной 10 км, глубиной 60 м и шириной 5 м. В засушливых районах с более сильными ветрами влаги пропосится над почвой еще больше.

Вода из воздуха попадает в почву при малейших изменениях атмосферного давления. При его повышении воздух проникает в почву, неся с собой воду; при понижении давления вода уходит из почвы. Но и в том и в другом случае разность температур почвы и воздуха приводит к конденсации капелек воды на стенках многочисленных пустот, имеющихся в почве. При повышенном давлении воздуха обильно смачиваются корни, а при понижении — образуется роса, которая затем уходит в глубь почвы.

Профессор Н. А. Головинский, применяя специально изготовленные им приборы, подсчитал, что в Крыму конденсация водяных паров из атмосферы более чем в два раза превышала количество воды, полученной от дождей.

При раскопках в Феодосии была обнаружена необычная сеть водонапорных труб, проложенных много веков назад. Трубы подавали воду для 114 фонтанов, имевшихся тогда в городе. Любопытен один факт, который говорит о том, что воду из воздуха умели добывать несколько веков тому назад. Трубы, питающие древний водопровод, брали свое начало в кучках щебенки, сложенных на самых возвышенных, то есть самых ветреных, местах. Ветер, проходя через эти конденсационные установки, оставлял на камнях миллиарды капелек воды. Учеными, исследовавшими необычную водопроводную установку, было подсчитано, что здесь оседало ежедневно не менее 700 000 л воды.

Известны и такие случаи, когда вода из воздуха, конденсируемая в почве, спасала от засухи, превращала отдельные бесплодные участки пустыни в цветущий сад. В 1957 году в Крыму были спасены от засухи виноградники на площади 15 000 га. Небольшими электробурами в почве были проделаны скважины. На каждую скважину было израсходовано по 5 л воды, через 12 часов в каждой такой скважине оказалось по 25 л.

В Аравийской пустыне было выкопано 6 тысяч ям. Ямы заполнили пенистой пластмассой, посадили туда различ-

ные деревья и кустарники, и спустя некоторое время бесплодный участок превратился в сад.

Интересен и механизм работы «дышащих» колодцев. Эти сооружения с холодной и чистой водой в момент повышения давления интенсивно всасывают в себя воздух, а в момент понижения давления с большой силой выталкивают его. Такое явление происходит в «дышащих» колодцах потому, что стенки их выложены пористыми известняками, в многочисленные отверстия которых всасывается воздух, оставляя там воду.

Эксперименты, проведенные учеными, позволяют сегодня со всей определенностью сказать, что вода из воздуха — это реальность. Такая вода не только напоит влагой растения, но и предотвратит влияние на них засухи и суховеев, оживит выжженную солнцем степь.

Извлекать влагу из воздуха можно также с помощью замечательного явления природы — росы, которая два раза в сутки появляется на траве. Росу можно заставить выпадать не только по утрам и вечерам, но и днем. Простейшим приспособлением для этой цели может служить опять же куча обыкновенного щебня. За ночь щебенка охлаждается, а днем воздух нагревается быстрее, чем щебенка. Теплый воздух, содержащий большое количество воды, проходит через поры и щели щебенки и охлаждается. Избыточная влага осаждается на камнях и стекает вниз. Остается только собрать ее. Камни постепенно нагреваются, и количество конденсируемой воды уменьшается. Но за ночь щебенка снова остывает, и на следующий день пирамида вновь готова к работе. Большая поверхность соприкосновения камней с теплым воздухом обеспечивает надежный теплообмен и полную конденсацию избыточной влаги. Такая установка, как показала практика, весьма эффективна. Особенно хорошо она работает там, где воздух содержит много влаги днем. Количество выделяемой пирамидой воды зависит также не только от влажности воздуха, но и от разности температур и от количества проходящего через пирамиду воздуха.

Природа подсказала человеку решение и других практических задач. Сегодня стало возможным искусственно вызывать дождь путем активного воздействия на атмосферные процессы. За долгие годы экспериментов ученые воздействовали на облака и высокочастотными электрическими разрядами, и твердой углекислотой, а теперь и йодистым серебром.

Самолет ИЛ-14 — это настоящая летающая лаборатория. Взлетев, он направляется в зону скопления облаков. Медленно кружась под ними, самолет выпускает реагент. Восходящие от земли теплые потоки воздуха подхватывают струю йодистого серебра, и облако, как пылесос, вбирает в себя кристаллики реагента. По структуре они такие же, как лед, поэтому водяной пар садится на «прищипку», на дополнительные зародыши льдинок.

Не проходит и двадцати минут, как клубящаяся вершина облака начинает блекнуть, становится волокнистой и медленно оседает. Нижняя граница, вначале чистая и ровная, как бы разлохматилась, и сильные капли дождя уже забарабанили по крыльям, фюзеляжу. Всего несколько граммов йодистого серебра достаточно, чтобы из тучи среднего размера «выдоить» тысячи тонн воды.

За последнее время учеными созданы и весьма эффективные наземные установки типа «метеотрон», с помощью которых также можно вызвать искусственный дождь, когда в этом есть необходимость.

В основе действия метеотрона — явление простое и давно подмеченное: сильный пожар, возникший в ясную, безветренную погоду, когда на небе нет ни единого облачка, вдруг вызывает внезапный дождь, даже ливень. Действительно, поток нагретого воздуха, идущего с большой скоростью вертикально вверх, производит глубокие возмущения в массе воздуха, вызывая образование грозовых облаков, которые, как правило, изливаются на землю дождем в радиусе нескольких километров вокруг установки.

При помощи метеотронов различных конструкций ученым удавалось создать и конвективные облака, из которых не только выпадали ливни, но и возникали смерчи, сила которых была близка к силе малых ураганов торнадо. Внутри же воронки смерча, диаметр которого иногда достигает до 40 м, обычно бывает виден и светящийся столб. В момент прохождения грозового облака над действующим метеотроном конвективный столб, как правило, пропизывает его, вызывая грозовые разряды.

Установки «метеотрон» незаменимы в пустынях и других засушливых районах, они в любое время готовы напоить влагой хлопковые поля, сады и виноградники, бахчевые плантации. Эти установки можно успешно применить и для пополнения водой пересыхающих рек и озер, вызывая, по желанию, дождь.

Вследствие малого выпадения осадков и большого испарения воды из озера Севан оно сильно обмелело. Спассти озеро могут только дожди, и вот на берегу высокогорного Севана установили метеотрон. Эксперименты идут успешно. Сегодня есть основание считать, что озеро будет спасено. Оно уже пополняется водой от дождей, которые выпадают от воздействия метеотрона на окружающую озеро воздушную среду.

Следует сказать, что вторжение в естественную среду должно быть очень осторожным и осуществляться только после тщательного изучения негативных последствий влияния человека на природу, ибо такие процессы, как стимулирование осадков, могут послужить, в свою очередь, пусковым механизмом для более крупных преобразований метеорологических процессов.

## **БОЛЬШАЯ ВОДА**

Наша страна располагает огромными водными ресурсами. Достаточно беглого взгляда на карту СССР, чтобы в полной мере оценить запасы воды, которые заключены в реках, озерах и водохранилищах. Но водные богатства по территории нашей Родины распределены неравномерно. На долю Севера, Сибири и Дальнего Востока приходится почти четыре пятых всего годового стока. В то же время на европейскую часть страны — только одна пятая, а на южные районы — всего около 9%. Сток наших рек подвержен значительным колебаниям. Больше половины воды реки приносят за 2—3 весенних месяца; весьма значительны колебания стока и по годам.

Для того чтобы удовлетворить растущую потребность народного хозяйства страны в воде, необходимы большие преобразования речного стока. Этой цели и служит Генеральная схема комплексного использования водных ресурсов. Она является составной частью общего плана развития народного хозяйства Советского Союза. Схема учитывает план развития промышленности, потребность в орошении засушливых земель, численность населения и другие компоненты.

Генеральная схема неуклонно претворяется в жизнь. Уже преобразованы стоки главных рек европейской территории страны. Ныне на Волге и Днестре созданы системы водохранилищ и каскады мощных гидроэлектростан-

ций. Воды этих рек пришли на поля многих колхозов и совхозов.

Перераспределение стока между бассейнами, исправление диспропорции между ресурсами и потреблением — важная народнохозяйственная задача. В последнее десятилетие велись работы по переброске больших масс воды в районы, где особенно испытывают в ней нехватку: каналы Днепр — Кривой Рог, Днепр — Донбасс. Уже действует и такое пригационное сооружение, как Северо-Крымский канал. Он получает воду из Каховского водохранилища на Днепре. Протяженность канала более 400 км. Он пересекает Перекопский вал, прорезает Присивашье и берет направление на Керчь. Канал, помимо орошения засушливых земель, решает также проблему водоснабжения городов Феодосия и Керчь.

Большие работы по преобразованию речной сети и орошению засушливых территорий проведены в республиках Средней Азии.

Каракумы всегда считались самым жарким и засушливым районом Туркмени. «Черные пески» — так звучит слово «Каракумы» в переводе на русский язык. Теперь эти места пустыней не назовешь. Здесь пролегла лента Каракумского канала имени В. И. Ленина. Это самая большая искусственная река в мире.

В зоне Каракумского канала амударьинской водой уже орошается более четверти миллиона гектаров.

Амударьинская вода пришла и в столицу Туркмени — Ашхабад, наполнила Куртлинское море. Канал идет дальше вдоль склонов Копет-Дага, орошая на своем пути сотни тысяч гектаров хлопчатника. Невдалеке от побережья Каспийского моря канал разделяется на два рукава: один направляется в плодородную долину реки Атрек, другой — к Каспийскому морю. Общая длина Каракумского канала 1400 км. Площади, орошаемые им, достигнут миллиона гектаров.

В Казахстане построено уникальное гидротехническое сооружение — канал Иртыш — Караганда длиной 456 км. Воды Иртыша, этой поливодной сибирской реки, пройдя через весь Центральный Казахстан, орошают засушливые земли Павлодарской, Целиноградской и Карагандинской областей.

Поволжье — один из крупнейших и наиболее подверженных засухам сельскохозяйственных районов страны. Каждое второе лето здесь — засушливое. Поэтому оро-

ление земель в Поволжье — первоочередная задача. В 1972 году пущен в эксплуатацию Саратовский оросительно-обводнительный канал протяженностью 120 км. Он идет в глубь степного Заволжья и орошает около 100 000 га. Другой строящийся сегодня канал — Волго-Урал — берет начало от Волгоградского водохранилища и пройдет по Волгоградской, Саратовской и Уральской областям. Его протяженность составит 464 км.

Сегодня ведутся работы и на других ирригационных стройках. И таких строек немало в нашей стране. Новые оросительные каналы называют голубыми магистралями плодородия.

Существует несколько проектов и переброски северных рек в Каспий и Азовское море. Один из них — Печорско-Камский, который предусматривает переброску в Волгу 40 км<sup>3</sup> воды Печоры и Вычегды. На новой водной магистрали предполагается построить многочисленные гидроузлы, плотины, шлюзы, прорыть Печоро-Кольвинский канал.

Помимо решения проблемы Каспия (прекратится обмеление моря и, следовательно, улучшится восполнение рыбных ресурсов, создадутся более благоприятные условия для транспортных перевозок), водохранилища и каналы свяжут Печору с Камой и Волгой. По этому водному пути в южные и центральные районы пойдут важные народнохозяйственные грузы. На полную мощность заработают ГЭС, улучшится снабжение водой населения, промышленности и сельского хозяйства.

Канал Волго-Урал позволит оросить около 1 млн. га, обводнить до 6 млн. га пастбищ и улучшить рыбное хозяйство на северо-востоке Каспия.

Сегодня разрабатывается проект переброски вод Оби, Иртыша и Енисея на юг Казахстана и в Среднюю Азию. Такой проект ставит своей целью орошение безводных пространств Приуралья и Прикаспия. Он же призван решить проблему быстро мелеющего Аральского моря. Оно задыхается без обильных поступлений воды из рек Амударьи и Сырдарьи, которая идет на орошение земель, занятых главным образом под хлопчатник.

В бассейне Аральского моря имеется около 35 млн. га земель, пригодных для земледелия. Если их оросить, они дадут богатые урожаи хлопчатника и других культур. Водные же ресурсы Амударьи, Сырдарьи и других более мелких рек не велики. Ими можно оросить не более 8 млн. га.

Если увеличить площадь орошения, меньше сырдарьинской и амударьинской воды станет получать Арал. Сейчас стоит вопрос, что выгоднее: поддерживать уровень моря или развивать орошение в бассейне Амударьи? Этот вопрос специалисты предлагают решить комплексно: не спяжаая темпов развития хлопководческой базы страны, поддерживать уровень Арала.

Ну а где же взять воду для Аральского моря? В Средней Азии «свободных» рек нет, а в сравнительно недалеко расположенных реках — Урале и Волге — также ощущается большой недостаток воды, они и без того перегружены. Выход один — использовать западносибирские реки, такие, как Иртыш, Обь, Лена, Енисей, несущие в Северный Ледовитый океан свои воды.

Предполагается, что Обь и Енисей смогут без всякого для себя ущерба «одолжить» Аральскому бассейну 100 км<sup>3</sup> воды. Примерно столько же, сколько имеется в нем сейчас. Естественно, что такое двукратное увеличение мощности бассейна потребует создания не виданных еще гидротехнических сооружений.

Будущая трасса большой воды от Енисея до Сырдарьи — около 2600 км. У Кызыл-Орды канал Сибирь — Средняя Азия разделится на два рукава. Северный пересечет Кызылкумы и выйдет к Амударье у Тюя-Мулюна. Южный по существующему руслу Сырдарьи пойдет в Чардаре, повернет на запад с выходом к Амударье в район Чардаре. Самотечной эту водную магистраль сделать не удастся: этому препятствует сложный рельеф местности.

Все эти наметки, касающиеся будущей трассы Сибирь — Средняя Азия, пока еще не окончательны, они больше представляют собой ориентировочные прикидки. Тем более что впереди предстоит проделать большой комплекс научно-исследовательских и изыскательских работ.

Технически такие грандиозные проекты в наше время вполне осуществимы, но против них есть немало возражений. Например, переброс вод Печоры потребует строительства больших водохранилищ, которые отнимут у сельского хозяйства землю там, где ее не так уж много.

Неприятными могут оказаться последствия переброса большого количества вод из Сибири в Среднюю Азию. Есть предположение, что резко сократится период функционирования Северного морского пути, значительно на юг продвинется и зона вечной мерзлоты.

Еще не полностью изучены и многие другие аспекты



вмешательства человека в окружающую среду, в сложный механизм природных взаимосвязей. Ведь сооружения подобного масштаба вносят радикальные изменения в природу и экономику обширных территорий; нарушаются установившиеся в природе взаимосвязи. Это весьма длительные процессы (равновесие в природе наступает через много лет), и они требуют тщательного научного обоснования.

Прокладка каналов, создание водохранилищ, изменение русел рек иногда неожиданно вызывают цепную реакцию разрушений и запустения. И таких примеров много.

Известно, что не все искусственные водохранилища — моря — играют только положительную роль. Заливая подчас плодородные пойменные земли, они образуют неустойчивые (по временам года) мелководья, пропадают нерестилища. Мелководья зарастают осокой и «зацветают». Новое море поднимает и уровень грунтовых вод. Подтопляются берега, образуются болота. Нарушается биоценоз (равновесие биологических сообществ) воды и суши. Однако немало примеров, которые характеризуют человека и как рачительного хозяина, гармонично, вдумчиво и осторожно вписавшегося в природу, одержавшего победу над ней. Мало ли усилиями людей создано первоклассных каналов, соединивших моря и океаны, гигантских оросительных систем и водохранилищ!

И сегодня, прежде чем практически реализовать проекты большой водной переброски северных рек в южные районы страны и рек Сибири — в Казахстан и Среднюю Азию, нужно взвесить все — тысячи «за» и «против».

Ученые и инженеры — специалисты различных направлений — разрабатывают реальную схему комплексного использования и охраны вод до 2000 года. Тем временем геологи, гидрологи, топографы и другие специалисты уже ведут разведку трасс будущих каналов, по которым воды северных и сибирских рек потекут в южные, засушливые районы страны. Недалек уже тот день, когда Большая вода хлынет в каналы и другие сооружения, построенные человеком.

# РУКОТВОРНАЯ ВОДА

Казалось бы, уж чего-чего, а воды на земном шаре достаточно. Это действительно так. Но какой воды? Подавляющая часть воды на Земле, а точнее — 97%, соленые воды морей и океанов, непригодные ни для питья, ни для полива, ни для промышленного, ни для бытового использования. А оставшиеся неполные три процента — вода пресная. Она распределена, как мы уже говорили, крайне неравномерно. Вот почему там, где ее не хватало, еще в незапамятные времена родилась мечта: научиться опреснять воду морей и океанов.

Моря и океаны — богатейший источник воды, в котором на каждые 1000 г воды приходится в среднем около 35 г солей. Именно они и делают непригодной для использования воду морей и океанов. Следовательно, если мы хотим использовать эту воду, то должны убрать из нее соль. Конечно, речь идет не о всех солях, так как и обычная вода — пресная (из рек и водоемов) — содержит некоторое их количество (до 1 г на 1 л).

Как же сделать воду пресной? В принципе ничего сложного в этом нет. Налейте в чайник морскую воду, нагрейте ее до кипения и, когда из носика пойдет пар, направьте струю в холодное блюдо. Оно быстро станет влажным. Нетрудно убедиться, что влага эта пресная. Этот один из простейших способов получения пресной воды методом перегонки (дистилляции) соленой воды является самым древним и был известен много веков назад. В России им начали получать воду в 1781 году: в то время в Красноводске был пущен опреснитель морской воды производительностью 67 м<sup>3</sup> в сутки.

Однако, хотя метод перегонки и очень прост технологически, оказалось, что его промышленное применение сопряжено с большими трудностями. Такую промышленную установку после трех дней эксплуатации приходилось останавливать для очистки от накипи, которая плотным слоем покрывала теплопроводящую поверхность испарителя. На это также затрачивалось не менее 3—4 дней, причем в процессе механической очистки передки были случаи выхода труб из строя.

Метод дистилляции требует и больших затрат тепловой энергии (для выпаривания 1 т воды необходимо

500 млн. кал. тепла. Чтобы получить это количество тепла с учетом неизбежных потерь его, следует сжечь около 100 кг угля). Вследствие этого он не получил широкого промышленного применения. Однако со временем он претерпел значительные усовершенствования, и советские специалисты решили применить его в опреснительных установках на полуострове Мангышлак — абсолютно лишенном воды, пустынном восточном берегу Каспийского моря.

В 1 л каспийской воды содержится 16 г солей. Это почти в два раза меньше, чем в других морях и океанах. Но и при такой насыщенности воды солями при обычной схеме дистилляции все равно приходилось бы останавливать и чистить котлы от накипи каждые две-три недели. При этом накипь нужно куда-то девать. «Куда угодно,— говорили специалисты,— только не на стенки установки». И тогда решили в морскую воду добавлять мел. Все надежды были на него, и он оправдал их. Мел — это не что иное, как карбонат кальция, а накипь как раз и состоит из карбонатов. Когда эти вещества начинают образовываться внутри установки, мельчайшие крупинки мела становятся центрами кристаллизации. Накипь оседает при этом не на стенках котлов, а на специальных плавучих «посадочных площадках». Поток воды выносит их из установки.

Процесс дистилляции связан с обязательным фазовым превращением. Исходная соленая вода нагревается, часть ее переходит в пар, который затем конденсируется, и получается дистиллят, то есть вода с очень малым содержанием солей.

О такой воде и ее недостатках хорошо сказал советский поэт Леонид Мартынов:

Вода благоволила литься,  
Она блистала  
Столь чиста,  
Что ни напиться,  
Ни умыться,  
И это было неспроста.  
Ей не хватало  
Ила, тала  
И горечи цветущих роз.  
Ей водорослей не хватало  
И рыбы, жирной от стрекоз.  
Ей не хватало быть волнистой,  
Ей не хватало течь везде.  
Ей жизни не хватало —  
Чистой,  
Дистиллированной воде!

Для того чтобы дистиллированная вода стала «простой водой», пришлось принять специальные меры. Дистилляты опреснительных установок пропускают через специальную станцию приготовления питьевой воды. Здесь его смешивают в известной пропорции с солоноватой водой местных источников. И дистиллированная вода становится водой с определенным содержанием солей, необходимых для жизнедеятельности человеческого организма.

Метод опреснения морской воды испарением, который советские специалисты применили на полуострове Мангышлак, сейчас уже не является последним словом науки и техники в решении проблем опреснения.

В Бекдаше — столице Кара-Богаза — работает электроопитовая опреснительная установка «Каспий». Она представляет собой гигантский «пирог» из ста слоев — ионитовых мембранных камер. Пройдя сквозь них, морская вода превращается в пресную.

К решению столь важной и жизненной проблемы опреснения воды привлечены и могучие силы атома. Оказывается, только он способен решить проблему опреснения морской воды в больших масштабах.

Чтобы изготовить значительное количество пресной воды, скажем, методом дистилляции, пришлось бы сжигать десятки тысяч, а то и сотни тысяч тонн угля или нефти в сутки. Для наглядности приведем такие цифры: для получения 50 000 м<sup>3</sup> пресной воды в сутки необходимо сжигать 10 000 т или что-то около 200 вагонов угля ежедневно! Где взять столько органического топлива? Везти издалека? В этом случае расходы на добычу топлива и его транспортировку до опреснительной установки составят львиную долю всех расходов. Выход из этого положения один — применить ядерное горючее. Хотя стоимость его значительно выше, но такого горючего требуется ничтожное количество, и, следовательно, транспортные расходы будут минимальными.

Ядерное горючее имеет и другие существенные преимущества перед органическим топливом. Сгорая, оно не образует золы и сернистого газа, которые получаются при сжигании органического топлива и обычно в больших количествах выбрасываются в атмосферу через дымовые трубы тепловых электростанций. Для ядерного топлива не нужно строить ни специальных дорог для подвоза, ни больших складов для хранения.

Как же получают тепло с помощью ядерного горючего?

Огромное количество тепла выделяется при контролируемой цепной реакции деления ядер тяжелых элементов (урана, плутония). Деление («сгорание») 1 кг урана или плутония в реакторах эквивалентно по выделяемому теплу сгоранию 2300 т угля. Это топливо с помощью какой-либо теплоносящей среды (теплоносителя) отводится от реактора и передается либо непосредственно, либо через промежуточные ступени морской воде. Последняя тем или иным способом дистилляции превращается в пресную воду.

В опреснительных установках может быть использован любой энергетический ядерный реактор, который служит мощным источником тепла. Ядерный реактор, применяемый в качестве источников тепла в опреснительных установках, должен обладать достаточно большой единичной тепловой мощностью. Это свойство более всего присуще атомным реакторам на быстрых нейтронах. Такие реакторы не только дают тепловую энергию, но и сами изготавливают для себя новое «горючее», причем в количестве, превышающем первоначальное. Это замечательное качество быстрых реакторов позволяет в принципе использовать все запасы урана и тем самым увеличить по сравнению с тепловыми реакторами примерно в 100 раз потенциальные сырьевые ресурсы ядерной энергетики.

Быстрый реактор успешно работает в опреснительной установке, созданной на безводном Мангышлаке. Там ядерная двухцелевая установка не только опресняет воду, но и дает электрическую энергию мощностью в 120 000 квт.

Крупная солнечная опреснительная установка — «фабрика пресной воды» — вступила в строй в районе Бухары. В этой установке соленая вода под воздействием солнечных лучей превращается в пар, который в виде капель конденсируется на стеклянной крыше. Каждые сутки установка может давать 4 т вполне пригодной для питья воды.

А как обстоит дело с экономической стороной опреснения соленой воды? За последние годы его стоимость резко снизилась. Современный уровень технологии дистилляции в сочетании с ядерными реакторами на двухцелевых установках уже в ближайшее время позволит получать пресную воду стоимостью 6—9 коп. за 1 м<sup>3</sup>. Опреснение соленой воды с помощью ядерной энергетики уже сегодня может конкурировать не только с другими методами опреснения, но и с обычными способами водоснабжения,

имеющими тенденцию к увеличению стоимости пресной воды.

Проблема опреснения воды решается успешно. Недалеко уже то время, когда мощные ядерные опреснители будут производить огромное количество воды. Реки пресной воды потекут из морей и океанов, досыта напоят иссушенную зноем землю, превратят пустыни в цветущие края.

...Нешадно палит солнце. Кругом на сотни километров голая выжженная степь с редкими песчаными островками да, словно покрытыми снегом, высохшими солеными озерами. Мангышлак...

Несколько минут езды по автостраде, и... мы неожиданно оказываемся в городе-оазисе, имя которого — Шевченко.

Среди молодых деревьев и кустарников, среди стройных домов современной архитектурной формы совершенно не ощущаешь, что этот город находится в безводной туркменской степи. Так и кажется, что попал в южный курортный город на берегу моря. Да здесь и действительно прекрасный благоустроенный морской берег с роскошными пляжами.

Город живет полнокровной и кипучей жизнью, хотя кругом на сотни километров нет пресной воды, только пустыня. Но в городе недостатка в воде нет. Расходуют ее жители столько, сколько нужно. Эту воду дают им опреснительные установки, созданные советскими учеными и инженерами. Атом и здесь работает в солидной упаковке.

Снабжение города искусственно полученной водой — дело новое. Как повлияет на организм длительное употребление такой воды? Не возникнут ли какие-либо неожиданные медико-биологические эффекты, нежелательные последствия, болезни? Ведь вода в процессе ее опреснения проходит сложный процесс переработки, соприкасается в установке с разнообразными материалами и веществами, имеющими различные химические свойства и особенности.

Учеными в этом городе уже проведены большие работы по исследованию поступающей в водопроводную сеть опресненной морской воды. Был определен состав солей в пресной воде и осуществлен целый комплекс мероприятий, обеспечивающих получение безукоризненно чистой и вкусной воды. Медики провели наблюдения и над жителя-

ми, использующими в пищу опресненную воду. Уже сделаны определенные выводы: опресненная морская вода в медико-биологическом отношении ничем не отличается от обычной природной пресной воды. Более того, ей может быть легко придан солевой состав, обеспечивающий наилучшие ее вкусовые и санитарные качества.

Как видите, рукотворная вода успешно выдержала испытания и заняла прочное место в жизни человека,



**«ОТ ЖАЖДЫ УМИРАЯ НАД РУЧЬЕМ...»  
«НЕ ПЛЮЙ В КОЛОДЕЦ»  
ОКЕАН НУЖДАЕТСЯ В ЗАЩИТЕ  
ЗА СТРОКАМИ «ОСНОВ ВОДНОГО  
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА»  
НЕБО СТАНЕТ ЧИСТЫМ, А ВОДА ПРОЗРАЧНОЙ**







**БЕРЕГИТЕ  
ВОДУ**

# «ОТ ЖАЖДЫ УМИРАЯ НАД РУЧЬЕМ...»

Эти слова Франсуа Вийона как нельзя лучше отражают печальное состояние некоторых рек в прошлом и настоящем.

В XIX веке грязная и изобилующая микробами вода часто была причиной заболеваний дизентерией, брюшным тифом, болезнью Боткина. В тех местах, откуда вода бралась для водоснабжения, она представляла собой, по выражению газет того времени, «экстракт из дохлых собак и кошек». В 1882 году даже вышел указ, запрещающий движение пароходов по Екатерининскому каналу: власти опасались, что брызги от пароходных колес могут попасть на пассажиров и заразить их тифом. И эта вода подавалась в город почти без очистки...

К сожалению, и в наше время наблюдаются случаи загрязнения водных источников.

Рейн... Он всегда отличался своими прозрачными водами. Здесь на крутых скалах, пламенеющих под лучами заходящего солнца, великий немецкий поэт Генрих Гейне увидел русалку, распеваящую песню над засыпающей в вечерних сумерках рекой.

Сегодня в Рейне русалка жить не смогла бы. Рейн — одна из самых загрязненных рек Европы — в течение года выбрасывает в Северное море около 60 млн. т растворенных в воде отходов. Великая река превращена в буквальном смысле слова в сточную канаву Европы. Промышленные отходы сделали воду не только мутной, но и погубили в Рейне все живое. Загрязненной речной водой уже опасно стало орошать сады и поля, не рекомендуется применять ее и для различных бытовых нужд. Не помогают сегодня Рейну даже дорогостоящие очистные сооружения: они не смогли вернуть его водам природный цвет, вкус и запах. Не лучше обстоит дело и с другими реками Европы и Америки.

Во Франции, насчитывающей 50 миллионов жителей, примерно 20 миллионов живут в городах с населением, превышающим 20 тысяч человек. Эти города сбрасывают свои сточные воды в реки безо всякой очистки. Только семь городов, в которых живут более 100 тысяч жителей, очищают сточные воды. Даже Париж очищает только чет-

верть своих сточных вод. Столица Франции ежедневно извергает в Сену почти 1,2 млн. м<sup>3</sup> неочищенных вод. А сколько еще городов и предприятий сбрасывают свои сточные воды в Сену и другие реки!

Известный ученый-путешественник Филипп Диоле, участвовавший вместе с Жаком-Ивом Кусто в научных экспедициях на «Калипсо», в своем письме, адресованном президенту Франции, бьет тревогу: «Наши реки и озера умирают.

Когда-то, описывая достоинства нашей страны, географы на все лады превозносили богатство ее речной системы. За 20 последних лет этот шедевр природы, служивший людям столько веков подряд, превратился в скопище сточных канав и зловонных отбросов. Парижане до XIX века пили воду прямо из Сены. Теперь же летом река несет больше сточных вод, чем чистых, текущих с верховий. Во Франции промышленные предприятия ежегодно выбрасывают в реки и озера 11 млн. т отходов. Сброс городских сточных вод приближается к этой же цифре».

На берегу реки Потомак можно увидеть многочисленные щиты, которые строго предупреждают вашингтонцев о том, что купаться там нельзя. Более того, если капли этой речной воды попадут на кожу, то надлежит поторопиться в больницу. Потомак в полном смысле слова не река, а сток химикатов — продолжение химического производства, безответственно расположенного посреди жилых кварталов официальной столицы Соединенных Штатов Америки.

За последние годы в нашей стране проделаны большие работы по очистке сточных вод и улучшению водооборота. Вот один из примеров. В Москве на Ново-Кузьминской станции аэрации недавно начал действовать первый в стране технический водопровод, снабжающий водой предприятия столицы. Он в три раза уменьшает себестоимость воды. Цикл в этой системе замкнутый, поэтому реки не загрязняются промышленным стоком (вода с предприятий попадает на очистку и затем вновь идет на заводы и электростанции города). Подобных примеров можно привести много. Но все же и сегодня у нас имеют место случаи загрязнения рек, ежедневно в водоемы СССР сбрасываются бытовые и промышленные воды. В результате некоторые реки на отдельных участках оказались крайне загрязненными. Воду их без предварительной, иногда очень сложной и дорогой обработки нельзя исполь-

зовать не только для хозяйственных, но и для технических целей.

Загрязненность рек наносит огромный ущерб рыбному хозяйству страны.

Если бы рыба могла говорить, то она напомнила бы тому, кто ее травит, что всего лишь сотая доля миллиграмма нефти, растворенная в литре воды, придает ей привкус и запах, не устраняемые никакой технологической обработкой. Однако рыба молчит и продолжает глотать вместе с водой мутные отходы промышленности.

Впрочем, рыба глотает не только нефть. Ее «угостили» стоками содовых заводов.

Нелегко рыбе и на реках, где идет лесосплав. При сплаве молеи потери древесины достигают 6%. Разлагаясь на дне, древесина заражает воду, делая ее непригодной для использования.

Такова печальная картина. Сведения, которые мы привели, почерпнуты из прессы. Все они свидетельствуют о преступной нерадивости некоторых руководителей промышленных предприятий. Их нерадивость приводит к тому, что и сами предприятия, выпускающие в реки грязные стоки, испытывают нужду в чистой воде.

Сточные воды многих предприятий содержат весьма ценные вещества, которые безвозвратно теряются.

Нефтеперерабатывающие заводы еще совсем недавно теряли со стоками часть перерабатываемой ими нефти, целлюлозно-бумажные комбинаты — определенный процент древесного волокна.

Бытовые и производственные стоки некоторых отраслей промышленности содержат необходимые для сельского хозяйства вещества, в том числе микроэлементы.

«Поставщиком» устойчивых загрязнений является также речной транспорт, особенно танкеры, и нефтераспределительные пункты и базы, которые все еще сбрасывают в реки нефтепродукты.

Влияет на качество воды и загрязненность воздушного бассейна. Выбрасываемые в атмосферу газообразные отходы промышленности и продукты неполного сгорания топлива выпадают вместе с осадками, которые попадают затем в реки и озера.

В последнее время появился новый опасный источник загрязнения — ядохимикаты, которые широко применяются для борьбы с сорняками и вредителями сельского

хозяйства. Часть ядохимикатов попадает в реки и губительно отражается на флоре и фауне.

Люди всегда считали (и справедливо), что вода возобновляется в природе. Для этого нужно лишь выдержать некоторые условия, например возвращать воду в реку, откуда ее взяли, пусть с примесями. Свойство рек самоочищаться благодаря идущим в них биогенным процессам долгое время действительно позволяло справляться с отходами. Но сегодня промышленные предприятия сбрасывают в реки слишком большое количество загрязненных сточных вод, которые убивают жизнь в водоемах. К сожалению, всерьез на это обратили внимание довольно поздно, когда уже многие предприятия были построены без учета требований очистки.

Городские сточные воды приносят в реки и бактерии. Вот почему вода некоторых рек отличается не только высокой засоренностью различными сбросами, но и значительной мутностью. Летом в реках начинается «цветение», появляются водоросли и микроорганизмы, придающие воде неприятный запах и привкус. Некоторые реки загрязнены настолько, что они стали мертвыми, превратились в сточные каналы для отработанных неочищенных вод. Возле таких рек и в самом деле можно умереть — если не от жажды, то уж наверняка от ее утоления.

## **«НЕ ПЛЮЙ В КОЛОДЕЦ»**

Кому неизвестна эта истина? И тем не менее люди делают это на каждом шагу, мимоходом. Порою, исполненные самых лучших чувств по отношению к природе, они по неведению серьезно влияют на химический состав вод рек, озер, водохранилищ.

Ужасающее количество непоправимых ошибок, которые по незнанию допустили люди в отношении к водоемам, уже привело к печальным результатам. Примером того, что происходит с озерами при неправильном использовании их вод и без учета происходящих в них биологических процессов, служат Великие озера в США и Канаде. Отходами производства они загрязнены до такой степени, что жизнь в них прекратилась полностью. Вода в Великих озерах не годится не только для питья, но и для производственных целей. Правительство США приняло решение

восстановить нормальную жизнь в этих озерах. Для этого потребовалось не только ассигновать большие суммы денег (эксперты утверждают, что нужно не менее 25 миллиардов долларов), но и полностью реорганизовать методы использования воды и создать тот экологический процесс, который необходим, чтобы воскресить угасшую жизнь в озерах. Иначе говоря, надо воссоздать эволюционно сложившиеся процессы равновесия в природе.

Жители Цюриха оказались свидетелями того, как их прекрасное горное озеро, славившееся своей необычайнейшей бирюзовой водой, вдруг помутнело, приобрело зеленоватый оттенок — «зацвело». Воды озера тратили необходимый рыбам кислород на окисление этой излишней зелени. Хотя озеро никогда не загрязнялось промышленными и бытовыми отбросами (все городские стоки, прежде чем попасть в него, всегда проходили тщательную очистку), тем не менее с ним произошло настоящее бедствие, его пришлось спасать.

Более полувека понадобилось швейцарским ученым для определения диагноза болезни Цюрихского озера. Когда удалось это сделать, озеро постепенно начало обретать свой прежний облик.

Той же болезнью болеют сегодня и некоторые наши озера и реки.

Озерным краем называют Псковщину. Там три тысячи семьсот озер, пять с половиной тысяч километров рек. Но случилось так, что только за последние несколько лет с псковской земли исчезло тридцать два озера, прекратили свое существование и некоторые реки.

Река Ловать была могучей и служила когда-то путем из «варяг в греки». На ее берегах еще лет пятнадцать назад отдыхали тысячи горожан, в тихих заводях коротали утренние и вечерние зори рыболовы-любители. Теперь Ловать на большом расстоянии превратилась в мутный поток. Она не только не радует отдыхающих своим видом, но и воду ее пить нельзя.

А кто не любовался другой рекой — Великой, — самой большой и красивой на Псковщине? Совсем недавно по ней можно было совершать увлекательные походы на лодках от верховья до Псковско-Чудского озера. Сейчас этого сделать уже невозможно — появились многочисленные острова, поросшие кустарником. В таком же примерно состоянии и другие реки Псковщины — Шелонь, Пскова, Череха, Утроа...

Озеро Чад... В его водах вылавливали немало ценной рыбы. Сегодня исчезло и это озеро: оно заросло. Лет тридцать тому назад славилось рыбными богатствами огромное озеро Орша. Теперь оно также превращается в топкое болото. Умерли и другие реки и озера! И лишь из-за того, что люди вовремя не пришли к ним на помощь.

Что же случилось с этими озерами и реками? В них произошло нарушение биологического равновесия, связанное с перепроизводством органического вещества.

Большинство озер умеренных и высоких широт Северного полушария образовалось в конце ледникового периода, когда талые ледниковые воды заполняли понижения на поверхности земли. Вначале эти озера были пустынными и унылыми, как и окружающий их ландшафт. Но постепенно их заселяли простейшие водоросли и живые организмы. Дожди приносили воду, а ручьи — остатки растительности суши и минеральные вещества, вымытые из почвы. Так в конечном счете первичные водоемы превратились в современные озера.

Прошли тысячелетия, прежде чем образовавшиеся озера населил многообразный животный мир. И вот сегодня мы стоим перед проблемой, связанной с перепроизводством в озерах органического вещества. Казалось бы, что страшного, если в озере появилось много водорослей и другой зеленой массы: ведь чем больше водорослей, тем больше мелких организмов, а следовательно, и рыбы, которая в основном питается ими. Но рыбе еще нужен кислород. А зависимость между компонентами: минеральные вещества — кислород — водоросли — рыба чрезвычайно сложна.

В процессе фотосинтеза зелень — от микроскопических водорослей до прибрежной растительности — преобразует минеральное вещество и энергию солнца в органическое вещество — белковые молекулы. В этом процессе участвуют и растворенные в воде соли, в первую очередь соли фосфора и азота. А их теперь с избытком приносят бытовые и промышленные стоки, реки, горные потоки и ручьи, вымывающие удобрения с полей. Но ведь фосфор и азот — удобрения, скажете вы. Именно так.

И чем больше фосфора и азота в воде, тем больше в озере водорослей.

Избыток фосфора и азота вызывает в реках и озерах своего рода «демографический взрыв». Микроскопические водоросли покрывают всю их поверхность. В толще воды

с катастрофической быстротой размножаются сине-зелесые водоросли. По берегам множатся заросли водных растений. Их в свою очередь опутывают бесчисленные ничтожные водоросли, дающие массу легко гниющего вещества. Берега заболачиваются. Зелень, отмирая, опускается на дно. Разлагаясь, она потребляет сразу огромное количество кислорода. Но даже при нормальном режиме водоема того кислорода, который образуется в процессе фотосинтеза, едва хватает для дыхания живых организмов. К тому же кислород образуется у поверхности, а тратится на окисление в основном на глубине, где запасы его практически не пополняются.

Излишек фосфора является и причиной «зацветания» рек и озер.

О роли избыточного фосфора в воде ученые узнали недавно. Убирая с помощью солей железа избыточный фосфор, они тем самым возрождают погибающие водоемы.

Река или озеро (как, впрочем, и любой организм) способны защитить себя от влияния вредных или избыточных веществ, но до определенных пределов: если болезнь зашла слишком далеко — хирург не поможет. И тем не менее природу следует лечить от заболеваний так же, как лечат людей. Например, известно, что эффективность биологических процессов в воде в значительной мере определяется количеством растворенного в ней кислорода. Поэтому в тех районах рек и озер, куда поступают загрязнения, интенсивность биологических процессов можно повысить, насыщая воду кислородом, продувая воздух, как это обычно делают в аквариумах.

Чтобы возродить шведское озеро Брунсквикен, было решено увеличить содержание кислорода в его придонных слоях. Для этого на дне озера установили четыре огромные шестиллопастные турбины, которые непрерывно гонят воду в специальную камеру, куда компрессор, установленный на поверхности, подает воздух в виде мельчайших пузырьков. Вода, насыщенная кислородом, быстро разлагает вредные химические вещества и служит стимулятором всех жизненных процессов в озере.

Шведские ученые надеются, что через 4—5 лет озеро удастся очистить до такой степени, что там полностью возродится жизнь.

Проявляя заботу о водоемах, мы всегда должны помнить, что чистота их вод зависит не только от количества сточных вод, но и от множества других факторов. Это и



правильное применение ядохимикатов и минеральных удобрений в сельском и лесном хозяйствах, и меры по предотвращению засоления дренажных вод и ирригационных систем, и мероприятия, препятствующие биологическому загрязнению, и многое, многое другое.

Озеро Байкал... В нем колоссальное количество пресной воды, столь необходимой сегодня народному хозяйству. Еще более ценно озеро тем, что представляет собой огромной мощности биофильтр, производящий чистую воду. В самом деле: вода впадающих в него рек гораздо грязнее той, которая из него вытекает. Эта очистка обуславливается биологическими процессами. Если бы в озеро поступала чистая дистиллированная вода, жизнь в нем прекратилась бы и Байкал перестал бы перерабатывать загрязненную воду.

Одна из первых забот о Байкале состоит в том, чтобы сохранить его способность очищать воду. Поэтому лозунг «не трогайте Байкал» — неправильный. Это уникальное озеро можно и нужно эксплуатировать, но так, чтобы не нарушать в нем жизни и сохранить его очистительные свойства. Чтобы правильно использовать Байкал, необходимо определить основные экологические процессы, которые идут в его водах при поступлении отходов производства, выяснить точно, в какой мере и чем можно загрязнять Байкал, чтобы он мог перерабатывать поступающие загрязнения.

...Озера, реки и водохранилища — это маленькие моря: в них происходят в принципе те же процессы — гидрологические, физические, химические, биологические. Их надо знать и помнить. Они также связаны и с атмосферными явлениями. Иначе говоря, внутренние воды планеты с их растительным и животным миром — это одна из важных деталей единой биосферы земли, частью которой является и сам человек и вне которой он существовать не может.

## **ОКЕАН НУЖДАЕТСЯ В ЗАЩИТЕ**

А можно ли загубить океан? На этот вопрос многие, по всей вероятности, ответят так: океан чересчур велик, поэтому он неуязвим и ему вряд ли можно причинить вред. Действительно, этот водный бассейн огромен (на его долю

приходится почти три четверти поверхности земного шара), и он миллионы лет успешно выполняет роль гигантского фильтра: принимает загрязненную речную воду, очищает ее и возвращает на наши поля в виде дождя.

Тысячелетия длилось естественное загрязнение океана и гниющими деревьями, и вулканическим пеплом, и речным илом, и прахом несметного количества погибших организмов. И надо сказать, что океан справлялся с этим. Океанский фильтр безотказно действовал против всевозможных загрязнений. Поступающие в него с суши через ручьи и реки ил и различные отбросы служили поистине волшебным горючим для миллиардов тонн планктона, который все время заботится о том, чтобы море оставалось чистым и жизнеспособным.

Так было до тех пор, пока в океане не появились такие отбросы, которых природа никогда не знала. Ядовитые отходы современной индустрии заполняют сегодня все стоки, вливаются в каждый водоем. Дождь, реки и просто канализационные трубы несут их в океан. Все города, все промышленные предприятия планеты прямо или косвенно отправляют свои отбросы в моря и океаны. Тысячи притоков и ни одного стока. А мощные океанские течения вбирают их в себя и уносят во все уголки планеты.

Чего только не сбрасывает человек в моря и океаны! Серную кислоту и ее соли, целлюлозу, медные и цинковые соли, роданистый натрий, фенол, отходы радиоактивного производства, пестициды и т. д.

Во все возрастающих количествах вносятся в моря и океаны и различные «новые» химические вещества, с которыми процесс естественной биологической очистки справиться не может: они не только «новые», но часто и ядовиты для всех живых организмов, обитающих в морях и океанах.

Обследования вод открытых морей в Северной Атлантике и европейских морей показали, что во многие из них, особенно в Средиземное, сбрасываются различные химические отходы, в том числе инсектициды и химические вещества, предназначенные для борьбы с вредными насекомыми. В результате применения такого препарата, как ДДТ, все живые существа, обитающие в воде, воздухе и на земле, включая человека, содержат в своем организме опасный яд. Инсектициды пересекли и океан. Даже у пингвинов в Антарктиде, где ДДТ никогда не применялся, обнаружены следы этого препарата.

Ежегодно человек сбрасывает в океан до 10 млн. т нефти, не считая загрязнений при авариях танкеров с нефтью. Всем известна трагедия «Тери-Каптон» в марте 1967 года у берегов Англии. На борту этого гигантского танкера находилось свыше 100 000 т нефти. Такое «залповое» загрязнение привело к массовому уничтожению громадного количества живых существ. Одних только морских птиц было выброшено на берег около 20 тысяч. Нефть в моря и океаны просачивается и из районов морской добычи от внезапного вскрытия скважин или неисправности трубопроводов. Таким образом, общее загрязнение морских вод нефтяными продуктами так велико, что нефть ежегодно могла бы покрывать сплошной пленкой почти всю поверхность Мирового океана. Беда увеличивается еще и оттого, что это грандиозное количество нефти поступает не на всю поверхность океана, а на относительно небольшие акватории. И, что особенно плохо, в прибрежные районы, где идет массовый перест рыб и развитие мальков, гидротехническое, портовое, городское и курортное строительство. Слой нефти, покрывающий поверхность моря, нарушает нормальный обмен между атмосферой и водой, в частности насыщение морской воды растворенным кислородом, необходимым для существования планктона.

Жизнь в океане концентрируется у поверхности, преимущественно вдоль берегов. Все морские животные прямо или косвенно зависят от растительного планктона, лежащего в основе пищевой цепи, а растительный планктон может существовать лишь там, где в толщу воды проникает достаточное для фотосинтеза количество солнечного света. Поскольку в мире производится все больше продуктов, содержащих углеводороды, опасность уничтожения планктона и, следовательно, жизни в океане с каждым годом все больше увеличивается.

Много попадает в воды морей и океанов и радиоактивных продуктов, которые, накапливаясь в теле морских организмов в определенных дозах, могут быть опасными и для человека. После американских атомных взрывов на острове Бикини поступающая на рынки Японии рыба содержала опасные концентрации радиоактивных веществ. Наиболее вредные радиоактивные элементы те, у которых самый продолжительный период полураспада. Среди них на первом месте стронций-90 и цезий-137. Оба они участвуют в биологическом цикле и имеют период полураспада порядка тридцати лет. Попадая в

органы человека и животных, эти изотопы вследствие радиации нарушают нормальное течение жизненных процессов.

Воды Мирового океана весьма динамичны, и попадающие туда загрязнения под влиянием течений и перемешивания распространяются довольно быстро в районы открытого моря. Вредные вещества, особенно с длительным периодом полураспада, становятся как бы составной частью этих вод и отрицательно влияют на их биологическую продуктивность.

Поля загрязнений, как показали исследования, формируются в основном в прибрежных водах крупных промышленных центров и в устьях рек, а также в районах интенсивного судоходства и нефтедобычи. Особенно страдают, например, от сброса нефтепродуктов Ирландское, Северное, Тирренское моря и Бискайский залив. Отходы, содержащие ртуть, свинец и медь, локализованы в отдельных районах, тяготеющих к берегам, где сосредоточены промышленные предприятия. Однако эти загрязнения часто выносятся и далеко за пределы территориальных вод. Пестициды, к примеру, были обнаружены в различных районах Балтийского, Северного, Ирландского морей, в Бискайском заливе, у западных побережий Англии, Исландии, Португалии, Испании.

В обширных районах открытого моря в Северной Атлантике обнаружены такие вредные вещества, как нефть, ртуть и детергенты (синтетические моющие вещества), содержание которых нередко значительно превышает предельно допустимые концентрации, а также хлорорганические пестициды. Поля загрязнений распространяются сюда от берегов Северной Америки и Европы.

Особенно высока концентрация вредных веществ в прибрежных зонах и в обширных, относительно малоподвижных районах океана, куда их приносят Гольфстрим и Североатлантическое течение.

Струи Гольфстрима, Североатлантического течения и его продолжений, подхватывая загрязнения у берегов Северной Америки и Европы, имеют несколько зон разгрузки. К ним относятся, в частности, Сарогосово и Баренцево моря, которые становятся, таким образом, гигантскими аккумуляторами вредных веществ.

Загрязнение морей и океанов вызывает сегодня большую тревогу. В своей книге «Уязвимое море» известный норвежский исследователь Тур Хейердал пишет:

«В 1947 году, когда бальсовый плот «Кон-Тики» за 101 сутки прошел около 8 тысяч километров в Тихом океане, экипаж на всем пути не видел никаких следов человеческой деятельности, если не считать разбитого парусника на рифе, к которому прибило плот. Океан был чист и прозрачен. И для нас было настоящим ударом, когда мы в 1969 году, дрейфуя на папирусной лодке «Ра», увидели, до какой степени загрязнен Атлантический океан. Мы обгоняли пластиковые сосуды, изделия из нейлона, пустые бутылки, консервные банки. Но особенно бросался в глаза мазут. У берегов Африки, посреди океана, в районе Вест-Индских островов мы целыми днями наблюдали картину, которая больше всего напоминала акваторию какого-нибудь крупного порта. До самого горизонта поверхность моря оскверняли черные комки мазута с булавочную головку, с горошину, даже с картофелину».

Почему же фильтрующая система океана не может действовать сегодня так, как, скажем, во времена наших отцов и дедов? Разве нельзя, как это было прежде, утилизировать отбросы как горючее для биологического механизма? Оказывается, нельзя. Производится и сбрасывается огромное количество материалов, не поддающихся разложению. В этом-то и заключается причина недоразумений человека со средой. Сбрасывая в океан ядохимикаты и всякие отбросы, человек, уподобившись нерадивой хозяйке, которая замечает мусор под ковер, все время твердит: «Ничего, океан бесконечен, океан глубок». Этими утверждениями он создал себе и еще одно ложное представление. Ведь на самом деле океан не бесконечен — ни протяженность его, ни глубина не могут гарантировать ему неуязвимость в век техники. Технический прогресс не только сократил расстояния, но и изменил пропорции, помог нам уразуметь, что наша планета — космический корабль с замкнутой системой, космический корабль без выхлопной трубы. Человек сегодня понял и другое, что море, воздух, ядовитые газы и сточные воды — все это неотделимо от нашей непрерывно вращающейся планеты.

Выход из создавшегося положения один — прекратить загрязнение океана. А это значит, необходимо положить конец намеренному сбрасыванию отходов в океан, перекрыть все возможные пути и сточным водам, помня при этом о том, что роль стока в океане играет испарение с его поверхности. Причем испаряется чистая вода, а яды и прочие отходы остаются. Много ли таких отходов накоп-

ливается в океане? Представим себе океан без воды — огромную сухую яму, в которую поступают одни только отходы, производимые человеком. Мы увидели бы бурные потоки, устремляющиеся в яму со всех сторон и заполняющие ее на наших глазах.

Чтобы нагляднее подтвердить сказанное, приведем такие факты. Ежегодно только реки выбрасывают в моря и океаны в виде промышленных отходов 2 300 000 т свинца, 1 600 000 т марганца, 6 500 000 т фосфора. Количество железа, которое уносится реками в моря, равно половине мировой продукции стали. Только реки Франции ежегодно несут в океан 18 млрд. м<sup>3</sup> жидких отходов. В ФРГ жидкие отбросы составляют свыше 9 млрд. м<sup>3</sup> в год.

Океан в опасности. Он нуждается в защите!

## **ЗА СТРОКАМИ «ОСНОВ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА»**

Как правило, ныне загрязнены почти все бассейны, на которых стоят крупные промышленные предприятия. Погибла рыба, обезображена природа, нанесен колоссальный ущерб народному хозяйству...

Сточными водами предприятий было загублено, в частности, и городское озеро Нижнего Тагила. Особенно загрязняли его мутные пенистые сточные воды, текущие с завода пластмасс.

Директор завода хорошо знал, что отвод и очистка сточных вод — один из главнейших и наиболее сложных вопросов в общей проблеме сбережения и охраны природы славного рабочего города. Однако привычка работать по старинке, постоянная ссылка на производственные трудности долгое время не позволяли преодолеть силу инерции.

И вот случилось так, что руководитель Нижне-Тагильского завода пластмасс побывал на таком же предприятии в Голландии. Вместе с сопровождающим его голландцем — главным инженером предприятия — он осмотрел все цехи и заинтересовался:

— А как у вас с водооборотом? Покажите ваши очистные сооружения...

Главный инженер любезно согласился. Пришли к очистным сооружениям. Инженер зачерпнул стакан от-

работанной воды из отстойника и протянул его директору.

— Прощу вас. Попробуйте.

Вода была идеально чиста, прозрачна. И все же директор поежился от такого предложения. Выпить воду, участвовавшую во всех химических процессах... Отрава!

Голландец заметил колебания гостя и, с улыбкой поднеся стакан ко рту, залпом осушил его. Примеру хозяина последовал и гость. Вода оказалась отличной — прямо на удивление: приятна на вкус, никаких запахов.

— Ох, и стыдно же мне тогда стало! — рассказывал после директор. — Этот стыд жег меня все время, пока я находился в Голландии, я испытывал его всю дорогу, когда ехал домой. Стыдно сейчас, как вспомню...

Стыд, пережитый директором-уральцем, оказался не напрасным. Вернувшись в Нижний Тагил, руководитель предприятия немедленно собрал совещание, на котором и было принято решение: вступить в битву за природу.

В кратчайшие сроки на заводе были созданы совершенные очистные сооружения, не уступающие по своей эффективности голландским.

Инициативу нижнетагильских пластмассовцев подхватили другие предприятия города. Началось массовое движение в защиту природы. На «Коксохиме» решили не спускать отработанную воду, а обращать ее на заливку выгруженного из батареи кокса. Большие мероприятия провели на Уралвагонзаводе и других предприятиях.

Нижний Тагил — старинное «горное гнездо», по выражению Мамина-Сибиряка, — стал инициатором подлинно нового отношения к природе. Были достигнуты первые успехи: чище стало небо над городом, снова поблескивала чешуей, заходила рыба в городском пруду...

Многое можно сделать, объединив усилия отдельных предприятий, городов и рабочих поселков. В Брянской области, например, зародилось начинание под девизом: «Малым рекам — полноводность и чистоту». Когда-то эти речки были труженицами. На них стояли водяные мельницы, и при каждой — плотина. Сейчас эти малопроизводительные мукомольные «предприятия» стали ненужными. Речки, не сдерживаемые более плотинами, ускорили свой бег, потеряли былую плавность и полноводность, перестали оказывать благотворное влияние на окружающую флору и фауну, на микроклимат. Брянцы решили соорудить 264 плотины. Построено уже свыше 200. Озелененные берега водоемов становятся местами отдыха. Появи-

лась возможность орошать пастбища. Инициативу брянцев подхватили во многих областях и краях нашей страны.

В Челябинске, Свердловске и других городах на предприятиях созданы технические комитеты, в задачу которых входят сбор и внедрение рационализаторских предложений по уменьшению загрязнений водного и воздушного бассейнов.

Большие силы и средства направляет на охрану рек, озер, морей и государство. Затраты на строительство очистных сооружений предприятий и городов ежегодно составляют сотни миллионов рублей. Неуклонно проводится в жизнь система мер по поддержанию чистоты рек и озер. Приняты постановления, регламентирующие порядок проектирования, строительства и эксплуатации сооружений. Ни одно предприятие в нашей стране не может быть сдано в эксплуатацию, пока не завершено строительство системы очистных сооружений. Вводятся в действие очистные сооружения и на старых предприятиях и заводах, построенных в военное время или в период первых послевоенных лет. Необходимые меры предусмотрены в «Основах водного законодательства».

Куйбышев... Крупный промышленный центр на Волге. Здесь много самых различных предприятий, население приближается к миллиону, а очистных сооружений явно не хватало. Раньше, при меньшем объеме стоков, Волга справлялась с промышленными отходами. Мощное быстрое течение реки увлекало отбросы, перемещивало, окисляло их и в конечном счете обеззараживало. Плотины гидроэлектростанций и водохранилища значительно ослабили мощь великой реки. Ей потребовалась помощь человека. В Куйбышеве, Саратове, Ульяновске, Калининe и других крупных волжских городах интенсивно строятся очистные комплексы. Они представляют собой сложные сооружения для полной биологической очистки, дорогие по стоимости и сложные в производстве. Предполагается, что к 1980 году сброс неочищенных сточных вод в бассейнах Волги будет полностью прекращен.

Сейчас в нашей стране нет такого города и промышленного комплекса, где бы не заботились о чистоте вод. Борьба с их загрязнением значительно возросла после сессии Верховного Совета СССР, которая приняла Закон об охране природы.

Особенно большие мероприятия осуществляются сегодня по предотвращению загрязнения такого ценного при-



родного объекта, каким является озеро Байкал. Заводы, расположенные на берегу озера и в устье реки Селенги, снабжены специально разработанными очистными системами, в которых совмещаются механические, химические и биологические способы очистки. Такие системы являются самыми совершенными в мире. При очистке сточных вод содержание в них вредных и загрязненных элементов оказывается ниже предельно допустимых концентраций, принятых в санитарной и рыбоохранной služбах.

В среднем течении Селенги и других рек, впадающих в Байкал, завершается строительство очистных систем. Перестраивается в районах Байкала и впадающих в него рек и все лесное хозяйство. Полностью прекращен молевой сплав, завершается уборка деревьев, погрузившихся в прежние времена на дно рек.

Однако, хотя сегодня предприятия и обзаводятся все более совершенными очистными комплексами, в дальнейшем только они предотвратить загрязнение водоемов не смогут. Не спасет и многократное разбавление отходов чистой водой. Вот почему основным радикальным направлением в предотвращении загрязнений водоемов является ныне всемерное сокращение и даже прекращение сброса промышленных сточных вод в реки. Это, естественно, требует проведения сложного комплекса взаимосвязанных мероприятий, и прежде всего перехода на оборотное водоснабжение, совершенствования технологических процессов. Огромное значение имеет переход на безотходное производство продукции, полностью исключаящее сбросы промышленных стоков. Такая технология обеспечивает и уменьшение отходов производства, и их утилизацию.

Опыт проектирования предприятий с замкнутым водооборотом имеется уже в нашей нефтеперерабатывающей промышленности.

Безотходное производство продукции и оборотное водоснабжение позволяют уменьшить сброс стоков в несколько раз.

Иногда причиной отказа от водооборота являются необыкновенно высокие требования к качеству воды, используемой в технологическом процессе. Так, до недавнего времени считалось, что в литре воды, используемой в цикле мокрой газоочистки доменных цехов, должно быть не более 60 мг взвешенных веществ. Чтобы снизить до этой величины концентрацию взвесей, отработанную сточную воду отстаивали 1,5—2 часа. Как показала практика,

для газоочистки подходит вода и с большей концентрацией взвесей — до 150 мг на литр. В этом случае стоки отстаиваются в 3—4 раза быстрее, значит, намного уменьшается объем очистных сооружений.

Обороты воды выгодны и в другом отношении. Они позволяют сократить потери ценного сырья и готовой продукции. Повторное использование стоков в бумажном производстве значительно снизило потери древесного волокна. Резко уменьшились потери сероводорода при замкнутой системе охлаждения конденсаторов на сероуглеродных заводах.

На Балхашском горно-металлургическом комбинате пущена первая в стране промышленная установка по ионной флотации молибдена, через которую пропускают сточные воды молибденового производства. Такая установка не только очищает от вредных примесей сточные воды, но и даст возможность ежегодно дополнительно извлекать сотни тонн ценного металла, безвозвратно ушедшего в отходы. И таких примеров очень много.

Крупные резервы в экономии воды имеются и в сельском хозяйстве, где особенно много ее идет на нужды ирригации. Например, использование хозяйственно-бытовых сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения позволяет сохранить не только большое количество чистой воды, но и чистоту рек и озер. Сточные воды обезвреживаются и испаряются, а удобрения, находящиеся в городских сточных водах, служат гарантией хорошего урожая.

У нас в стране уже много сделано для охраны природы, и в частности для охраны водоемов от загрязнения. Несмотря на быстрый рост промышленности, а следовательно, отходов от нее, в природу попадает все меньше и меньше вредных веществ. Об этом говорят такие цифры: сегодня свыше 70% сточных вод промышленных предприятий уже подвергаются очистке, тогда как семь лет назад очистке подвергалось всего только 43%.

Вода — наше богатство и первейшая необходимость. Зная об этом, следует наши бесценные водные ресурсы окружить заботой и вниманием, помня, что охрана природы имеет своей конечной целью создание наиболее благоприятных условий для жизни и труда советского человека.

# НЕБО СТАНЕТ ЧИСТЫМ, А ВОДА ПРОЗРАЧНОЙ

Люди могут жить только в условиях равновесия с природой. Ощущение родства, единства с ней заложено в человеке с момента его рождения. Оно неистребимо, как неистребима сама жизнь. Природа учит человека, облагораживает его. Она наполняет нас ощущением прекрасного. Бесспорно и то, что понимание природы и гуманное, бережное отношение к ней — один из элементов нравственности, частица мировоззрения, без которого люди не могут жить счастливо.

«Русский пейзаж, — говорил большой любитель природы Константин Паустовский, — сыграл и играет огромную роль в формировании характера русского народа, в том, что этот народ бесконечно талантлив и мужествен. Природа сыграла огромную роль не только в формировании народного характера, но и в создании русской культуры и великого нашего искусства».

Природу надо уметь понимать (чувствам люди также учатся). Человек, у которого развито чувство нерасторжимой связи с природой, проявляет постоянную заботу о ней, бережно относится к сокровищам земли. Но человек может довести природу и до отвратительной мерзости запустения: почвы — до эрозии, реки и озера — до катастрофического загрязнения и обмеления.

Лучшие умы человечества, озабоченные угрозой, нависшей над гидросферой, от которой зависит жизнь на земле, призывали принять действенные меры для сохранения природных ресурсов в интересах человечества.

Еще в прошлом веке Ф. Энгельс предупреждал, что непредусмотренные вторые и третьи последствия воздействия на природу могут быть неблагоприятными для человека и что нередко эти неблагоприятные последствия уничтожают тот положительный первичный эффект, ради которого было произведено воздействие на природу.

Предупреждение Энгельса в свое время не было принято как руководство к действию. Оно воспринималось как малоактуальное теоретическое положение. Однако масштабы технического прогресса не могли не нарушить ход существовавших на земле экологических процессов (экология — наука о взаимодействии живой и неживой

природы). Природа сдавала гектар за гектаром, дерево за деревом, реку за рекой...

Теперь становится все более очевидным, что изменения, которые человек навязывает первичной среде, могут принести ему вред, даже вызвать мировую катастрофу.

Охрана окружающей человека среды, рациональное использование природных ресурсов неизменно пользуются огромным вниманием Советского государства. Первостепенное значение придавал этим вопросам В. И. Ленин. Он пахотил возможным заниматься охраной природы даже тогда, когда наша страна была окружена кольцом фронтов, истекала кровью в неравных сражениях с бесчисленными врагами. При жизни Ленина и по его прямому указанию были изданы законы, которые помогли сохранить многие прекрасные уголки нашей Родины.

Идеи В. И. Ленина о бережном отношении к богатствам природы, их экономном, наиболее выгодном для всего народа использовании сегодня широко воплощаются в жизнь.

Статья 18 новой Конституции СССР гласит: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды».

Коммунистическая партия и Советское государство рассматривают рациональное использование, сохранение и воспроизводство природных ресурсов как важнейшую общегосударственную задачу, составную часть программы строительства коммунизма в СССР. Об этом свидетельствуют и решения съездов партии, и постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР, и законы Верховного Совета СССР, принятые в последние годы. Большое значение имеют, в частности, постановления о предотвращении загрязнения Каспийского, Азовского и Черного морей, озера Байкал, бассейнов Волги и Урала, постановление «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик» и др.

В докладе на XXV съезде КПСС «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин сказал: «Масштабы хозяйственной деятельности в де-

сятой пятилетке, специфика современных технологических процессов, применяемых в промышленности, в особенности в таких отраслях, как металлургия и химия, делают необходимыми специальными мероприятия по охране окружающей среды. На эти цели в большинстве отраслей промышленности предусматриваются крупные ассигнования. Получат применение на практике новые методы и средства борьбы с вредными выбросами веществ в атмосферу, будут предусматриваться меры по комплексному и рациональному использованию и охране водных и лесных ресурсов. Во всех отраслях промышленности будет осуществляться переход на использование оборотных вод. ...Рациональное использование такого ценнейшего природного ресурса, каким является вода,— крупная экономическая проблема».

Принятые Коммунистической партией и Советским правительством законы являются важным шагом в деле осуществления ленинских принципов охраны природы. Расставлены ясные знаки, показывающие, где таится опасность для природы, что можно делать с ней и чего нельзя.

Законы предусматривают специальные меры борьбы с загрязнением, засорением и истощением водных источников, устанавливают перечень нарушений водного законодательства, за которые виновные лица несут административную ответственность.

Сейчас, когда воздействие человека на природу возросло до чрезвычайных размеров, социально-политический аспект проблемы «Человек и природа» начинает широко обсуждаться и на Западе. Печать многих стран полна тревожных сообщений о загрязнении рек, озер и морей, отдельных экономических районов. Достаточно сказать, что только в США с 1945 по 1972 год загрязнение возросло примерно в 10 раз!

Проблема загрязнения приобрела сегодня поистине глобальный характер. Биологи все чаще указывают на нарушение естественного равновесия, которое складывалось на планете миллионы лет. Они утверждают, что уже наступил самый настоящий конфликт с природой.

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды диктуется самой жизнью. Воздух, отравленный заводами ФРГ, поступает на территорию Франции, ГДР. Воды Дуная протекают по территории нескольких стран, и все они должны думать о том, как сохранить чистоту реки. Многие государства заинтересованы в чис-

тоте Балтийского, Черного, Средиземного морей, в чистоте океанских вод и т. д. Желания и добрые намерения одного государства не принесут полного успеха. Только объединенными усилиями многих стран мира можно решить актуальнейшую проблему современности — оздоровление планеты — нашего общего дома.

Американский географический журнал в связи с этим пишет: «Мы все космонавты, все до одного. Мы летим на космическом корабле под названием Земля, совершающем свое бесконечное путешествие вокруг Солнца. Наш благословенный корабль снабжен системами жизнеобеспечения столь остроумными, что они самообновляются, и столь щедрыми, что они могут удовлетворять потребности миллиардов людей». Но, добавляет тот же автор, «если мы не перестанем злоупотреблять нашими системами жизнеобеспечения, они попросту откажут».

Наша страна активно сотрудничает с другими государствами в деле охраны природной среды. На основе специального соглашения в рамках СЭВ советские ученые ведут совместные работы со своими коллегами в социалистических странах. Соглашения о конкретных мерах охраны общих природных объектов заключены Советским Союзом с соседними странами. Такое соглашение о защите морской среды района Балтийского моря подписано всеми государствами, расположенными на его берегах. Эти государства договорились о том, как предотвратить загрязнение Балтийского моря, а в дальнейшем приступить к его очистке. Подобное же соглашение заключено СССР с Ираном в отношении Каспийского моря.

Изучение воздействия загрязнений и других последствий человеческой деятельности на биосферу и ее отдельные элементы, разработка средств очистки промышленных выбросов, новых «безотходных» технологических процессов ведутся советскими учеными вместе с учеными США, Англии, Франции, Швеции на основе специальных двусторонних соглашений о сотрудничестве в охране природной среды.

Советские ученые и инженеры активно участвуют в работе многих международных, межправительственных и научных организаций, занимающихся вопросами охраны среды и рационального использования природных ресурсов.

Появились и первые многосторонние, международные соглашения об охране природы. В 1973 году было заключено соглашение по предотвращению загрязнения моря с

судов и др. Но, к сожалению, пока еще не найдены эффективные методы международного воздействия, которые могли бы категорически воспрепятствовать загрязнению окружающей среды. Например, по сей день отдельные страны производят ядерные взрывы в атмосфере, отравляя ее и все окружающее пространство радиоактивными элементами, загрязняют нефтью моря и океаны, особенно их прибрежные зоны.

По инициативе нашей страны в 1974 году на XXIX сессию Генеральной Ассамблеи ООН представлен проект конвенции, запрещающей применение средств воздействия на природную среду в военных и иных враждебных людям целях. Мировая общественность, в том числе и научные круги США, с пониманием и поддержкой отнеслись к инициативе нашей страны. В свою очередь, Генеральная Ассамблея ООН подтвердила необходимость подобного соглашения и поручила комитету по разоружению рассмотреть эту проблему. Одновременно наша страна и США провели двусторонние переговоры по тому же вопросу.

Новые перспективы в международном сотрудничестве по защите окружающей среды открыло историческое Совещание по безопасности и сотрудничеству в Европе, которое проходило в Хельсинки в 1975 году. Подписав заключительный акт совещания, главы тридцати трех европейских государств, а также США и Канады, взяли на себя конкретные обязательства по широкому кругу вопросов защиты природы и рационального использования ее ресурсов. В заключительном документе определены также основные направления международного сотрудничества по охране окружающей среды. Нет сомнения в том, что этот документ явится новым важным шагом в деле глобальной охраны природы.

Небо станет чистым, а вода прозрачной.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	3
ЛЕГЕНДЫ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ . . . . .	7
ПЛАНЕТА ОКЕАН . . . . .	29
«САМЫЙ ВАЖНЫЙ МИНЕРАЛ НА ЗЕМЛЕ» . . . . .	59
ОКЕАН ЗАГАДОК . . . . .	83
ВОДА РАБОТАЕТ . . . . .	109
ХВАТИТ ЛИ НАМ ПРЕСНОЙ ВОДЫ . . . . .	143
БЕРЕГИТЕ ВОДУ . . . . .	169

**Александр Петрович Меркулов**

### САМАЯ УДИВИТЕЛЬНАЯ НА СВЕТЕ ЖИДКОСТЬ

Редактор М. С. Потапова  
Художник Л. А. Бабаджанян  
Художественный редактор В. В. Щукина  
Технический редактор Л. Б. Чуева  
Корректор Л. В. Конкина

ИБ № 1088

Кодированный оригинал-макет издания подготовлен на электронном печатно-кодирующем и корректирующем устройстве «Север». Подписано к печати 6/V-78 г. Формат издания 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Физ. п. л. 6,0. Усл. печ. л. 10,08. Уч.-изд. л. 10,52. Изд. инд. НА-8. А08516. Тираж 50.000 экз. Цена 40 коп. Бум. № 1 типогр. Зак. № 461.

Издательство «Советская Россия» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, проезд Сапунова, д. 13/15.

Книжная фабрика № 1 Росглавполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Электросталь Московской области, ул. им. Тевосяна, 25.