

ЮРИЙ ЛУЖКОВ, СТАНИСЛАВ ХРАМЕНКОВ

# ЧИСТАЯ ВОДА

ЖИЗНЬ И БОГАТСТВО МИРА



**ЧИСТАЯ ВОДА**  
**Жизнь и богатство мира**

Юрий ЛУЖКОВ, Станислав ХРАМЕНКОВ

# ЧИСТАЯ ВОДА

ЖИЗНЬ И БОГАТСТВО МИРА

Москва  
Московские учебники  
2009

ББК 26.22

Л 82

**Лужков Ю.М., Храменков С.В.**

Л 82 Чистая вода. Жизнь и богатство мира. — М.: ОАО «Московские учебники и Картолитография», 2009. — 272 с.; ил.

ISBN 978-5-7853-1265-4

Книга рассказывает о самом, казалось бы, привычном и известном веществе — ВОДЕ. Тем не менее вода остаётся изученной не до конца и продолжает задавать вопросы. Самый острый из них — реальностью или фантастикой является грядущий мировой водный кризис и что можно сделать, чтобы решить проблему дефицита воды. Авторы приглашают читателя к размышлению, а значит, к действию.

Книга адресована прежде всего молодому поколению, которому предстоит сохранять воду чистой для себя и потомков. Авторы полагают, что она поможет губернаторам регионов, мэрам городов, руководителям муниципальных образований найти ответы на многие вопросы, связанные с водой, которые требуют безотлагательного решения. Книга будет интересна и полезна самому широкому кругу читателей, поможет оценить уникальность воды, многообразие и красоту водных богатств нашей Родины.

ББК 26.22

ISBN 978-5-7853-1265-4

© Лужков Ю.М., Храменков С.В., 2009

© Оформление, ОАО «Московские учебники и Картолитография», 2009

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Борис Грызлов. Обращение к читателям.....</i>	6
Предисловие.....	8

## **Вода вокруг нас**

Вода в жизни человека.....	12
Многоликое чудо.....	25
Возница природы.....	38
Национальное достояние России.....	54

## **Дела человеческие**

Направим бурных вод течение.....	78
Человек виновен.....	89
Вода просит защиты.....	99
Водная идеология.....	108

## **Городской водоворот**

Бухгалтерия воды.....	122
Артерии города.....	135
Технологическая симфония.....	147
Есть ли альтернатива?.....	173
Возрождение воды.....	184
Как живёте, караси?.....	201

## **Вода нового тысячелетия**

Круговорот воды на орбитальной станции ...	212
Как победить засуху.....	222
Дорогая наша вода.....	232
Ресурс настоящего и будущего.....	249
Заключение.....	264
Источники.....	266

## Уважаемые читатели!


Сегодня в мире всё большую остроту приобретает проблема чистой воды — как результат увеличения антропогенных воздействий на природу. О чистой воде приходится говорить и как о стратегическом источнике.

Россия обладает почти четвертью всех мировых запасов пресной воды, однако безопасная питьевая вода доступна далеко не всегда. Такая ситуация сложилась не сегодня, и у неё много причин, формировавшихся десятилетиями. Это и загрязнение водоёмов, и изношенные коммунальные сети, в результате чего вода приходит в жилые дома в небезопасном виде. Употребление такой воды в течение 5—7 лет приводит к появлению серьёзных заболеваний. Одновременно около половины питьевой воды, продаваемой в бутилированном виде, — фальсифицированный продукт.

Учитывая, что речь идёт о здоровье людей, Всероссийская политическая партия «Единая Россия» на VII съезде, проходившем в Екатеринбурге в декабре 2006 года, выступила с инициативой разработки Государственной программы «Чистая вода», призванной охватить весь комплекс вопросов, связанных с обеспечением населения качественной питьевой водой. Особое внимание уделяется необходимости проведения комплексных исследований для разработки новых отечественных технологий очистки воды, локальных установок доочистки воды, материалов, из которых должны изготавливаться трубы, и т.д. Современная Россия, обладающая необходимым научно-техническим потенциалом и финансовыми ресурсами, в состоянии решить задачу доступности чистой питьевой воды, поскольку употребление такой воды может увеличить продолжительность жизни как минимум на семь лет.

Кроме того, Россия имеет все возможности для того, чтобы выставить на рынок питьевую воду как конкурентоспособный продукт, третий по объёму источник экспорта после нефти и газа, приносящий огромный доход нашему бюджету. Развитие технологий водоподготовки — это не только решение собственно экологических проблем, но и огромный рынок. Россия, обладая серьёзным научным потенциалом, способна создать передовые технологии в сфере водоподготовки и очистки сточных вод.

Появление книги «Чистая вода. Жизнь и богатство мира» весьма своевременно. Многие проблемы обеспечения населения чистой питьевой водой, пути их реализации рассмотрены на её страницах на примере мирового и российского опыта, который может быть успешно использован в регионах. Книга будет полезной как губернаторам и мэрам городов, так и руководителям местного уровня в их практической работе, а также всем заинтересованным читателям.



Борис Грызлов,  
Председатель Государственной Думы РФ,  
председатель партии «Единая Россия»

## Предисловие

Что такое *чистая вода*? Многие скажут: «Свежая, без запаха, прозрачная, с приятным вкусом» — такой бывает ключевая студёная вода.

На первый взгляд вода — это всего лишь соединение двух атомов водорода и одного — кислорода. Проще не бывает! И разве может такое простое вещество быть необыкновенным, а тем более таинственным? Но не будем спешить с оценками — не всё так просто с «простой водой»... Да и много ли мы знаем об обыкновенной воде?

У вас в руках книга о самом загадочном и уникальном природном веществе, способном не подчиняться законам естества и время от времени являть себя безжалостной и разрушительной силой. Удивительно, но вода до сих пор остаётся самой малоизученной. Её считают самым трудным из всех веществ, изучаемых физиками и химиками. Она не скупится на сюрпризы: например, способна течь... вверх по микротрещинам скал и капиллярам деревьев. Вода непревзойдённа как растворитель, она растворяет всё, что встречает на пути, поэтому легко загрязняется. Наслаждаясь вкусом родниковой воды, мы и не подозреваем, что он обусловлен содержанием растворённых в ней веществ. Чистая вода — понятие весьма относительное. Таковой в природе нет, и абсолютно чистую воду ещё никому не удалось получить искусственно. И в этой книге слова *чистая вода* употребляются в значении *вода замечательного качества*.

На нашей планете воды так много, что она должна была бы называться *Вода*, а не *Земля*. Вода вездесуща, она вокруг нас — над нами, под нами, в нас... Однако те времена, когда воду можно было пить прямо из озера или реки, давно канули в Лету. По оценке Организации Объединённых Наций, каждый день 25 тыс. человек умирают от употребления некачественной



воды. 40% населения Земли, 2,5 млрд человек, живёт в районах, испытывающих нехватку воды. Прогнозируется, что уже через два-три десятилетия вода станет для человечества тем же, чем в настоящее время являются нефть и газ: самым прибыльным ресурсом и поэтому главным яблоком раздора между государствами, вплоть до вооружённых конфликтов. Вода станет главным национальным богатством уже при жизни нашего поколения, поскольку нефти и газу человеческий разум способен придумать замену, а воду заменить нечем. Ни в одном из языков мира у слова *вода* нет синонима! Самая обыкновенная, в нашем понимании, привычная вода — безальтернативна! Жизнь без неё невозможна!

Сегодня никому не нужно доказывать, насколько человеку важна качественная питьевая вода. В документах Организации Объединённых Наций зафиксировано: «Право человека на питьевую воду является фундаментальным для жизни и здоровья. Обеспеченность достаточной и безопасной питьевой водой — непереносимое условие реализации всех прав человека». 2005—2014 годы объявлены десятилетием «Вода для жизни».

Природа щедро наделила Россию колоссальными водными сокровищами — около четверти мировых запасов пресной воды. Достаточно упомянуть крупнейшее на Земле озеро Байкал с экологически безупречной, пригодной к употреблению без специальной очистки, изумительно вкусной водой. Вместе с тем половина россиян пользуется водой, не соответствующей гигиеническим нормам. Проблема обеспечения населения безопасной питьевой водой стоит настолько остро, что партия «Единая Россия» выступила с инициативой разработки государственной программы «Чистая вода», которая нашла широкую поддержку в кругах губернаторов и специалистов водной отрасли. Чистая вода — главный ресурс здоровья. Решение демографической проблемы, повышение продолжительности жизни россиян невозможны без решения вопросов обеспечения населения качественной водой.

В результате многочисленных обсуждений проблем водоснабжения и водоотведения в России, достижений Москвы в их решении возникла мысль написать книгу, адресованную прежде всего молодому поколению, которому в будущем предстоит решать актуальную задачу сохранения водных богатств Родины.

Книга также поможет губернаторам регионов, мэрам городов, руководителям муниципальных образований найти ответы на многие вопросы, узнать о воде новое.

Безусловно, каждое территориальное образование имеет свои особенности: различны природные условия, неодинаковы материальные и финансовые ресурсы, специфичны законодательные нормы. Но всегда есть базовые подходы к организации работы, решению экологических, технических, технологических, финансовых и других проблем, которые прошли апробацию и могут быть успешно использованы в других регионах.

По понятным причинам эта книга во многом отражает опыт работы московского водоканала, но и не только. В ней приводятся сведения о воде, запасах водных ресурсов, последних мировых достижениях в области очистки и транспортировки воды не только на Земле, но и в космосе. Не оставлены без внимания правовые аспекты водопользования, вопросы рационального водопотребления, особенности жизни городской реки и многие другие. Авторы постарались интересно изложить и проиллюстрировать материал. Для этого пришлось заглянуть в библиотеку, Интернет, познакомиться с разными точками зрения на существующие проблемы воды, попутно открыв для себя много нового.

Надеемся, что книга «Чистая вода. Жизнь и богатство мира» будет интересной и полезной самому широкому кругу читателей, поможет оценить уникальность воды, многообразие и красоту водных богатств нашей Родины.

И пусть вода, окружающая нас, будет всегда чистой!

# ВОДА ВОКРУГ НАС



# ВОДА В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

*Хлеб - батюшка, вода - матушка.*  
Русская пословица

## Одушевлённая вода



*Из космоса  
Земля - как  
капля воды*

Из космоса наша планета похожа на большую каплю воды, сверкающую живой голубизной. Вода — второе по значимости вещество после воздуха, без которого никто и ничто на Земле не могло ни появиться, ни существовать. Величайшее сокровище, вода известна нам с детства, она сопровождает нас всю жизнь.

Все народы исстари преклонялись перед водой. О ней слагали легенды, сказки, саги, песни... Много пословиц у разных народов мира посвящено воде, у многих народов она считается воплощением глубокого смысла жизни и восприятия. Говорят: нет воды — нет жизни, есть вода — есть жизнь.

Человек начинает жизнь в виде плода, который состоит из воды на 99%. Когда человек рождается, вода составляет уже 90% его тела, а к тому времени, когда достигает взрослого возраста, содержание воды снижается до 70%. В глубокой старости тело человека состоит из воды приблизительно на 50%.

**Вода** входит в состав каждой клетки и количественно занимает в организме первое место.

Содержание воды в организме человека, %

Кровь	92	Мышцы	75
Мозг	до 85	Жировые ткани	25
Почки, печень	до 70-80	Кости	до 28

По поводу той огромной доли, которую вода занимает в общей массе тела человека и его органов, у биологов есть шутка: вода «изобрела» человека как средство передвижения. Шутке вторят физиолог Дюбуа: «Живой организм — это одушевлённая вода», — и писатель В. Савченко: у человека «гораздо больше оснований считать себя жидкостью, чем, скажем, у сорокапроцентного раствора едкого натрия».

Организм человека находится в состоянии постоянного обмена веществ с окружающей его внешней средой: различные неорганические и органические вещества непрерывно поступают в организм, претерпевают там многообразные превращения, а отработанные, ненужные или излишние выводятся наружу. Незаменимую роль в этом процессе играет вода — самый большой по объёму продукт питания в рационе человека.

Выпитая в чистом виде или принятая в составе пищи вода всасывается в желудке, кишечнике и разносится кровью по всему телу. Будучи растворителем, вода регулирует все функции организма, включая активность растворённых веществ, которые она по нему перемещает. Только в жидкой водной среде совершаются процессы пищеварения и усвоения пищи, происходит синтез живого вещества в клетках организма. Просачиваясь с растворёнными в ней солями через стенки, разделяющие ткани, вода течёт от более слабого раствора к более насыщенному, пока концентрации обоих растворов не сравняются. Так живые клетки получают необходимые вещества. Вода необходима для выведения токсинов, шлаков, излишков солей и других вредных веществ, образующихся в результате обмена, главным образом через почки с мочой, через кожу — с потом и т. д.



*Живительная  
свежесть воды*

Без воды невозможна регуляция теплообмена организма с окружающей средой и поддержание температуры тела: при высокой температуре окружающего воздуха, например, в жаркую погоду или в горячих цехах, отдача избыточного тепла идёт в основном за счёт испарения пота. При этом из-за большой по-

тери жидкости в организме человек испытывает жажду и утоляет её посредством воды.

Человек чрезвычайно остро реагирует на нарушение водного баланса. Так, при потере воды до 2% массы тела (1 — 1,5 л) появляется острая жажда, при утрате 6—8% человек впадает в полуобморочное состояние. Потеря 10% влаги вызывает нарушение глотательного рефлекса; затем начинаются галлюцинации; в конце концов останавливается сердце — оно оказывается не в состоянии проталкивать по сосудам стгутившуюся кровь. При потере организмом более 12% влаги наступает смерть.

Недостаточное потребление воды нарушает нормальную жизнедеятельность организма: накапливается усталость, снижается работоспособность, нарушаются процессы пищеварения и усвоения пищи, замедляется течение биохимических реакций, увеличивается вязкость крови, что создаёт условия образования тромбов, нарушается процесс кроветворения. Хронический недостаток воды в тканях служит причиной большинства болезней, поскольку суть любой болезни состоит в накоплении тех или иных вредных веществ, которые больной организм не может удалить обычным физическим путём.

Лишение воды опаснее лишения пищи: без еды человек может прожить больше месяца, без воды — несколько дней. Физиологическая потребность составляет в среднем 2,5 л воды в сутки, но она может изменяться в зависимости от условий внешней среды, уровня обменных процессов, характера мышечной работы и т. п. Так, при средней физической работе потребность в воде может повышаться до 4 л в сутки и более, при высокой наружной температуре воздуха — до 3,5 л и т. д.

Из необходимых человеку в обычных условиях 2,5 л в сутки 1 л приходится на питьевую воду, 1,2 л — на поступающую с пищей и 0,3 л — на воду, образующуюся в самом организме в процессе обмена веществ. В этой связи интересна следующая статистика: в хлебе содержится около 50% воды, в кашах — до 80%, в мясе и рыбе - до 70%, в овощах и фруктах — до 90% воды.

Здоровый человеческий организм устроен так, что излишки поступившей воды удаляются почками в течение первых двух часов. При нормальном водном балансе общее количество выделяемой из организма воды должно равняться количеству вводимой, то есть в среднем 2,5 л в сутки. При этом через почки

выделяется около 50% воды, через легкие — 13%, через кишечник — 5%. Остальные примерно 32% воды выделяются кожей. Однако эти соотношения могут резко изменяться. Так, при заболевании диабетом почки начинают выводить огромное количество воды — до 10 л в сутки. Интенсивная физическая работа увеличивает количество воды, выделяющейся в парообразном состоянии через лёгкие. Во всех случаях обезвоживания организма человек испытывает чувство жажды, побуждающее его часто и помногу пить.

Организм нуждается минимум в 6—8 стаканах воды в день. А современный человек, особенно городской житель, воды в чистом виде практически не пьёт, он предпочитает консервированные соки и разные напитки — «дары цивилизации», многие из которых содержат обезвоживающие вещества в силу своего мочегонного воздействия — кофе, чай, пиво, кока-колу, спиртосодержащие коктейли... Немецкие учёные пришли к выводу, что те люди, которые пьют больше воды, проявляют больше выдержки и в большей степени склонности к творчеству, чем пьющие мало.

К сожалению, большинство людей выпивают лишь одну треть необходимого количества воды, а свои недомогания никак не связывают с её недостатком. Между тем замечено, что, как только человек начинает пить простую воду, происходят существенные изменения практически во всех тканях и органах, быстрее выводятся шлаки, поступает больше кислорода, улучшаются обменные процессы, активизируются защитные механизмы. То есть достаточное количество воды соответствующего качества играет определяющую положительную роль в жизнедеятельности человеческого организма.

**Приучите себя** пить больше воды, равномерно распределяя её в течение дня. Часто бывает достаточно выпить всего два стакана чистой воды, чтобы преодолеть депрессию и усталость.

Можно соединить полезное с приятным, добавив в стакан воды кусочек персика, клубники, апельсина, лимона или лайма. Ценнейшей добавкой может стать мёд, поскольку он содержит многие ферменты и микроэлементы, а по составу напоминает плазму крови человека.



## Речной народ

«Хакасы произошли от земли, а русские — от воды», — так утверждает хакасская пословица. Но не только хакасы связывают происхождение и название русского народа с водой.

В древности, когда наш край представлял собой сплошной дремучий лес, именно вода — реки позволили нашим далёким предкам-славянам проникнуть в самую лесную глушь. Первые сельские и небольшие укреплённые поселения-города появились на берегах рек и озёр. Крутые, изрезанные притоками берега, речные и озёрные обрывы служили естественными преградами к средневековым крепостям и кремлям. Многие города получили свои названия по именам рек: Москва, Кострома, Тула, Вятка, Вологда, Самара, Оренбург, Олёкминск, Кашира и некоторые другие. Поделившись своим именем с городом, речка Тверь стала называться Тверцой, Орёл — Орликом, Пенза - Пензяткой, Палех — Палешкой. В названии Иркутска легко угадывается река Иркут, Енисейска — Енисей, Уральска — Урал, Томска — Томь, Омска — Омь.

В мирное время реки и озёра снабжали наших предков рыбой, водоплавающей дичью, бобровым мехом, обеспечивали добычливую охоту на диких копытных у бродов, звериных водопоев, давали и теперь дают воду для приготовления пищи, полива огородов, садов и полей, обеспечивали кормом домашнюю водоплавающую птицу и луговой травой скот, давали возможность поддерживать связь между населёнными пунктами. В более поздние времена на реках и речных водоразделах обменивались товарами соседи. По рекам, имевшим выход к морям, шла и международная торговля. Наиболее оживлёнными маршрутами, включавшими реки Среднерусской возвышенности, были «из варяг в греки» и «из немец в хазары».

В древности наши предки пользовались сухопутными дорогами гораздо менее охотно, чем реками: зимой дороги заваливало снегом; весной, во время паводков, во время дождей дороги «раскисали», броды затапливались; летом дороги захламлялись и зарастали, прерывались пожарами, сгнившими мостами через речки и ручьи и притопшими гатями на болотах, петляли да кружили, подчиняясь рельефу, — и недаром лишь былинным богатырям было под силу прокладывать прямоезжие пути.



Осень с её затяжными дождями даже предотвращала войны: войска останавливались, «лют бо бяше путь», и ждали, «егда ледове встанут», либо возвращались из-за ранних и обильных снегов — «коневи до чрева» и «человеку по пазуху». И на чём бы ни ехали — на телегах, санях или верхом, — пути эти были многотрудны, длительны, опасны и нередко сопровождались человеческими жертвами, о чём неоднократно упоминают предания и первые наши историки.

По рекам же можно было вести сообщение круглый год — плыть на судах либо зимой ехать по льду на санях.

Ещё за 4,5 века до н. э. речная система Среднерусской возвышенности бросилась в глаза наблюдательному Геродоту. Его, родившегося в гористой местности, поразило прежде всего то, что Скифия (позже — южнорусские земли) — это огромная равнина с плодородной чернозёмной почвой, а реки, её орошающие, — многочисленны и величественны...

Ни в одном из западноевропейских языков мы не встретим слова, по смыслу близкого к русскому слову «волоок». Реки Западной Европы в основном горного происхождения, берут начало в ледниках и, падая со значительной высоты, имеют большую скорость течения и прямолинейное направление, а встречая на своём пути грунт твёрдый, каменистый, меняют направление под прямым или острым углом. Реки русские иные: берут начало в болотах, озерах, на небольших возвышенностях, а встречая мягкий, рыхлый грунт, легко его размывают. Поэтому реки, текущие даже в разных направлениях, близко подходят друг к другу. В наше время это облегчило строительство каналов. В прошлые века облегчало судоходство путём переволакивания судов от одной реки до другой: «волоок-да-волоок...». Существовала целая система речных путей с водораздельными участками — волоками. Названия некоторых населённых пунктов донесли до нас память о волоках: Волоколамск (волоок на реке Ламе), Вышний Волочёк, Мытищи (мыт — пошлина за пользование волоком), Сходня (суда из Москвы-реки «всходили»), то есть поднимались вверх по течению её притока Восточни-Сходни, затем переволакивались в Клязьму, приток Оки, и направлялись к Волге).

По свидетельству иностранных авторов Маврикия и Льва Диакона, русские были плохими всадниками и не любили ез-

дить на лошадях. Одна из версий происхождения слов *Русь, русский* — от финского слова *Ruotsi* и шведского *roods* — так называли варяги дружинников-шведов и дружинников-славян — *вёсельные люди, гребные воины*. Аналогично, византийские письменные источники русичей именуют *дромитами*, потому что русские виртуозно пользовались лёгкими и быстрыми судами-*дромонами*. Подобным же образом новгородцев называли *ушкуйниками* от слова *ушкуй* — большая лодка.

О значении рек в военном деле — особый разговор. Не исключено, что гонцы Древней Руси, посланные князьями с сообщениями о нашествии врагов, о призыве к борьбе, двигались по рекам (вспомним полотно Н.К. Рериха «Гонец»), Наши предки умели великолепно использовать привычную для них природную среду — реки, озёра и болота — в открытых сражениях. Достаточно вспомнить Невскую битву, Ледовое побоище, битвы на реках Воже, Непрядве, Угре... Это подсобное тактическое средство русы знали с незапамятных времён, когда конных кочевников пешие русские воины встречали на бродах и переправах.

В погребениях с IX века археологи часто встречаются с железной обоймой, снабжённой одним, двумя или тремя шипами. Это простое русское изобретение — ледоходные подковки для обуви воинов и конских копыт — убедительное доказательство того, что зимние военные дороги средневековой Руси проходили по замёрзшим рекам и озёрам. Шипованные подковки давали преимущество русским воинам в ледовых сражениях.

Далёкие наши предки обожествляли реку, и первое свидетельство о почитании славянами рек зафиксировано у визан-



Н.К. Рерих. Волокит валоком



Н.К. Рерих. Гонец

тийца Прокопия в VI веке. Первый известный русский историк преподобный Нестор тоже писал, что в языческую эпоху русские обожествляли реки, озёра, источники. В другом средневековом русском сочинении сказано: «...наши язычники клали требы озёрам и рекам, ради немощи очныя умывались в кладезях и повергали сребреники». После Крещения Руси долго ещё свершались у рек языческие народные празднества. В Стоглаве читаем: «...сходились мужи и жены и девицы на ночное плещеванье и безчинный говор и на бесовские песни и на плесканье и скаканье... ови бяху в бубны, друзии же в козице и в сопели сопяху... и мнози, оставившее церковь, течаху на позоры».

Замечательный историк этнограф Павел Шафарик утверждал, что в праславянском языке река называлась *руса*. Он писал: «Это коренное славянское слово... уже осталось в употреблении



*Широка река Волга*

только у одних русских в слове *русло*... но как собственное имя рек, городов и селений... близ них лежащих, употребляется почти у всех славян». В старину реку Неман называли Рось, а один из его рукавов сохранил название Русь; есть в Новгородской области река Руса; Русь — приток Нарева; Рось — знаменитый приток Днепра и т. д. до двадцати топонимов. Но, главное, имя Рось, или Рас, принадлежало нашей Волге.

От того же праславянского корня *рус* образовалось слово *русалка*. В.И. Даль зафиксировал в своём словаре собственное имя *Рус*, объяснив его как *водяной Днепровских порогов*. От языческих времён осталось у русских имя *Руслан*. Знакомо нам и слово *руст*, что значит *поток, струя*. В.А. Чивилихин в своём

романе-эссе «Память» делает вывод: «...обобщённый этноним *русы* или *руссы* — издревле значило *живущие на реках, жители рек, речной народ*».

Проходили десятилетия, века, и человек всё активнее и активнее стал вмешиваться в жизнь рек и озёр: постройкой запруд и плотин заставлял речную воду крутить жернова водяных мельниц; с развитием торговли и в военных целях строил каналы между реками и озёрами, спрямляя и делая более короткими водные маршруты. Рост по берегам городов и посёлков, массовая вырубка лесных массивов, распашка земель, создание луговых выпасов — знакомая картина сегодняшнего дня! — всё это ухудшало условия питания рек и притоков, вызывало обмеление рек, заболачивание озёр.

XVIII и XIX века привнесли существенные изменения в природное окружение. В усадьбах знати природные водоёмы реконструировались, с тем чтобы уступить место эффективным ландшафтными элементами: каскадным прудам, водопадам, фонтанам. При этом русские мастера в вопросах водной инженерии нисколько не уступали иностранцам. Профессор Н.И. Фальковский отмечал, что созданные Петром I фонтаны Петродворца (Петергофа) богаче и лучше версальских. Их водоснабжение мощнее. А в целом, благодаря разумному использованию ключей и проведению воды самотёком всё техническое решение задачи по водоснабжению Петергофа выполнено блестяще.

В то же время освоение природных богатств и развитие промышленности вызвало значительное загрязнение многих водоемов, поскольку мастерские, ремесленные заведения и кустарные артели размещались на берегах рек. Здесь же брали воду для производственных нужд, здесь же, уже грязную, её выпускали. А если производство было далеко от реки, рыли колодцы и отводили в них стоки, что делало непригодными для употребления подземные водоисточники.

XX век кардинально преобразил картину мира. Сравнивая географические карты начала и конца прошлого века, нельзя не заметить, как сильно изменилась речная сеть. Многие природные реки теперь представляют собой настоящий каскад искусственных морей-водохранилищ, появилась сеть глубоководных искусственных рек — каналов. Но об этом подробно

рассказано в последующих главах. Здесь же стоит остановиться на целительной способности воды.

## От всех болезней

Общение с водой — самый простой и доступный способ улучшения самочувствия. Недаром ещё гениальный Гиппократ, который в течение тысяч лет считается образцом совершенного врача, утверждал в своих медицинских трактатах, что «вода — врач всех болезней», «морская волна смывает все болезни».

Действительно, что может быть лучше, чем своими глазами, с палубы теплохода или на специальной стоянке, увидеть реликтовую рощу, курган, живописные скалы, ансамбли деревянного и каменного зодчества, уникальные технические сооружения, например русло средневекового канала. Ради того, чтобы увидеть долину гейзеров, некоторые любители путешествий преодолевают огромные расстояния.



*Остров Кижы на Онежском озере*

А парусный спорт! А гребная регата! А сплав на байдарке или катамаране по порожиистой реке! Серфинг! Но это всё радости отдыха для здоровых и сильных. К услугам же не очень здоровых людей — бальнеологические курорты, минеральная вода из бювета. Неплохо порыбачить на зорьке, искупаться и позагорать на пляже, прогуляться по набережной тёплым вечером — да мало ли удовольствий от общения с водой!

Подарить прекрасное самочувствие способна гидротерапия — активное взаимодействие с паром, льдом и водой, то есть всеми основными ипостасями воды, со всеми их качественными особенностями и температурными перепадами. Окувание в прорубь, обтирание снегом, обливание холодной водой завершаются ощущением значительного выброса внутреннего тепла в количестве, способном исцелять различного рода недуги, причём отнюдь не только простудного характера. Однако такие процедуры являются стрессовыми вариантами

закаливания, требуют волевого настроя, чтобы соприкосновение с резкими перепадами температур не повлияло разрушительно на сердечно-сосудистую систему, и далеко не каждому по плечу.

Для людей, не способных к экстремальным удовольствиям, существуют более щадящие приёмы закаливания — контрастный душ, гидромассаж, ванны с водоворотом, горячие обтирания, горячие обёртывания, замороженные бинты, холодные ножные ванны, тёплые сидячие ванны с разного рода отварами, паровые ванны с травами для дыхания, компрессы... Каждая из таких процедур выполняет специфические функции при лечении, вызывает разные реакции на поверхности и внутри тела. Поэтому и эти процедуры тоже подходят далеко не каждому. Всего же при различных заболеваниях используется не менее пятисот различных водных процедур! Их перечень и описание изложены во многих медицинских и популярных изданиях.

Замечательным лечебным средством является баня.

**Финская баня** отличается высокой температурой воздуха и повышенной сухостью, поскольку живущим в холодном и влажном климате финнам больше нравится париться в сухой и очень жаркой бане.

**Турецкая баня** считается влажной и прохладной, и опять же из-за географического расположения Турции. Находясь в постоянной жаре и отсутствии достаточного количества влаги, турки лучше всего расслабляются в такой бане.

Из **японских бань** наиболее популярны офуро и санто. Первая представляет собой бочку с горячей водой (до 60°C) или кедровыми опилками, нагретыми до 50-6СГС, куда добавляются целебные травы. Опилки прекрасно впитывают пот. Но без привычки даже закалённые люди не высиживают больше 10 минут. В бане санто, принимая очень горячую ванну, японец грызёт лёд. Таким образом улучшается потовыделение и облегчается нагрузка парной.

В **английских банях** нет пара, поскольку Британские острова - избыточно влажные. Вся система расслабления организма построена на том, что человека вначале обкладывают горячими, а потом охлаждёнными камнями.

Русская баня — изумительное изобретение наших пращуров-славян. Она оценивается как мягкая, поскольку гармонично объединяет и высокую температуру воздуха, и большую влажность.

Не один путешественник, побывавший на Руси, брался за перо, желая передать словами удивительный обычай русских — париться в бане и обливаться студёной водой. Иностранцев восхищала русская баня.

В 1774 году в Москве вышла книга Антонио Санчеса «О парных российских банях, поелику споспешествуют оне укреплению, сохранению и возстановлению здоровья». Её автор — испанский врач, живший много лет в России при дворе императрицы Елизаветы Петровны и считавший себя специалистом в банном вопросе. Санчес пишет о российских банях как о драгоценнейшем благе, которое может послужить для «крепости и здравия тела» не только в России. Книга имела большой успех, особенно в Западной Европе, где с

XIII века баня была запрещена как языческое явление, недостойное христиан. На Руси же с принятием христианства баня не только сохранилась в своей первоначальной форме, но и стала обязательным ритуалом перед церковными праздниками. Русские люди уверяли, что баней очищается не только тело, но и душа. С появлением книги Антонио Санчеса бани, подобные русским, стали строить во Франции и Германии. Превосходство русских бань в том, что пар нагнетается с помощью каменки с раскалёнными камнями: захотел погорячее — плеснул воду на камни, и новый пар рождает новый воздух. В прочих банях воздух не обновляется.

Русская баня — прекрасное средство для укрепления здоровья. Ещё в древние времена заметили, что, попарившись, человек избавляется от многих хворей: простуды, лишнего веса и др. Отношение к бане выразилось в пословицах и поговорках: «Коли б не баня, все б мы пропали», «Пар костей не ломит», «Хорошая баня лучше сытного обеда», «Баня — мать вторая, кости распарит, всё дело поправит», «Исцелился Ваня — помогла ему баня», «Баня без веника — что клумба без цветов», «Баня без пару, что щи без навару». Гостя встречали с почётом: в баньку сводить да за стол посадить.

В наше время медициной доказано благотворное влияние парной на организм человека. Распаренный веник и раскалён-



*Русская банька*

ный пар оказывают прекрасное стимулирующее воздействие на все без исключения активные зоны тела. После предварительного прогревания на полке парильщик укладывается на спину, веничком прорабатывает стопы сам, либо такую добрую услугу оказывает ему единомышленник — любитель парилки. Подобное воздействие на акупунктуру активизирует деятельность внутренних органов. Проработка двумя вениками двух поднятых кверху ног одновременно с движением от стоп к тазобедренным суставам не только увеличивает лимфоотток, но и великолепно стимулирует работу всех точек и каналов, расположенных на пути гнучего воздействия пара.

Проработка рук от пальцев до плеча, глубочайшее прогревание живота и поясницы, груди приводят к тому, что возрождаются под воздействием этих мощных температурных импульсов все внутренние системы человеческого организма, которые невозможно стимулировать одновременно никаким иглоукалыванием. В то же время происходит энергичное расширение и оживление капилляров. Контрастная смена температуры — от максимально высокой до самой низкой (катание по снегу, ныряние в холодный бассейн) — восхитительная гимнастика для сосудов, в результате которой они обретают большую эластичность и гибкость. Кроме того, нормализуется кровяное давление, улучшается аэрация лёгких, кожа становится гладкой и упругой.

Всякий знает ощущение необыкновенной лёгкости и бодрости после парилки. Вот что пишет о русской бане поэт С. Островой в стихотворении «Моя поликлиника»:

*Ну, а чтоб совсем не состариться,  
Чтобы силой не обнищать,  
В баньке русской люблю попариться,  
Чтобы начал полок трещать.  
  
Чтобы веник меня охаживал,  
Чтоб ходил по спине парок,  
Все бы хворости выпроваживал,  
Гнал бы запросто за порог.*



# МНОГОЛИКОЕ ЧУДО

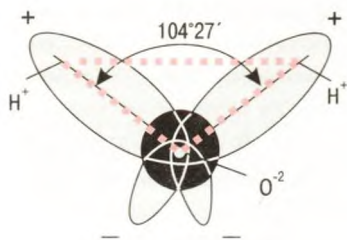
*Вода не поведает человеку  
всех своих тайн.*

Японская пословица

## У неё — свои законы

Общеизвестна химическая формула воды —  $\text{H}_2\text{O}$ . Однако до конца XVIII века считалось, что вода представляет собой вещество единое и неделимое. В 1781 году английский учёный Генри Кавендиш доказал, что вода состоит из двух элементов, которые позже французский учёный Антуан Лавуазье назвал кислородом и водородом (то есть *рождающим воду*). Дальнейшие исследования показали, что за незатейливой формулой  $\text{H}_2\text{O}$  скрывается вещество, обладающее уникальной структурой и не менее уникальными свойствами, многие из которых не подчиняются логике тех законов природы, которые управляют другими веществами. Академик, физик В.И. Макаров пишет: «Вода, из которой на 70—80% состоит всё живое, фактически не подчиняется никаким физическим законам. Может быть, правильнее сказать, что у неё свои законы, будто бы созданные для неё одной... Действительно, все вещества при охлаждении сжимаются, вода — расширяется. Любое вещество в твёрдом состоянии тяжелее, чем в жидком, вода наоборот. Лёд плавает на её поверхности, а не уходит на дно, как полагалось бы по физическим законам... Вторая уникальность воды: она состоит из соединения двух газов. Никакие другие газы, смешиваясь между собой, не образуют жидкость, кроме кислорода и водорода».

Большинство необычных свойств воды определяется строением её молекулы, физической природой составляющих её атомов и компоновкой самих молекул. В геометрической интерпретации молекула воды напоминает равнобедренный треугольник,



Структура молекулы воды

В результате притяжения разноимённых зарядов молекулы воды способны ассоциировать (объединяться) друг с другом. Ведущая роль в этом процессе отводится водородным связям, то есть связям между атомом водорода одной молекулы и атомом кислорода «чужой» молекулы. Такие внешние связи намного слабее, чем связи между водородом и кислородом внутри самой молекулы, и поэтому могут разрушаться и воссоздаваться под воздействием температурных изменений. Так, в парообразном состоянии, при температуре выше  $+100^{\circ}\text{C}$ , наблюдаются только отдельные мономерные молекулы; в жидкой и твёрдой фазах молекулы воды способны образовывать более сложные объединения, которые описываются общей формулой  $(\text{H}_2\text{O})^*X$ , где  $X$  — число объединённых молекул.



- атом кислорода
- атом водорода
- химические связи внутри молекулы
- водородные связи между отдельными молекулами

Структура водородных связей

в основании которого расположены ядра атома водорода, а в вершине — ядро атома кислорода. Благодаря тому, что водородные атомы располагаются как бы по одну сторону от атома кислорода, молекула воды характеризуется значительной полярностью: с одной её стороны существует некоторый избыток отрицательного заряда, а с другой — положитель-

Атомы водорода и кислорода имеют несколько природных изотопов. Например, у водорода их три: обычный водород, тяжёлый водород (дейтерий) и сверхтяжёлый радиоактивный водород, или тритий. В природе наиболее распространена вода, состоящая из обычных изотопов кислорода и водорода. Воды другого изотопного состава составляют 0,27% обычной воды. За-

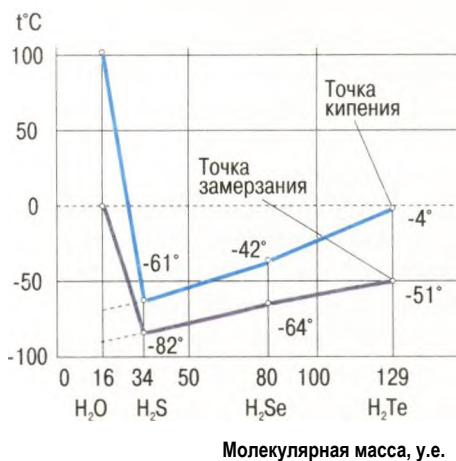
пасы сверхтяжёлой воды на нашей планете составляют всего 13—20 кг. В качестве одной из основных причин обогащения природных вод тяжёлыми изотопами выделяют испарение. Обратный ему процесс — конденсация — приводит к снижению содержания в воде тяжёлых изотопов. Вот почему реки и озёра, питающиеся атмосферными осадками, содержат их в меньшем количестве, чем воды океанов. Тяжёлая вода используется в реакторных установках в качестве замедлителя быстрых нейтронов, но действует угнетающе на растения и животных, вредна она и для человеческого организма.

Известно, что при нагревании плотность всех жидкостей уменьшается, а при охлаждении увеличивается. То же самое характерно и для воды, но только при охлаждении от  $+100^{\circ}\text{C}$  до  $+4^{\circ}\text{C}$  (точнее, до  $+3,98^{\circ}\text{C}$ ), когда наблюдается её максимальная плотность. При дальнейшем охлаждении плотность воды начинает уменьшаться. При снижении температуры воды ниже нуля происходит фазовый переход из жидкого состояния в твёрдое — образуется лёд, при этом плотность скачкообразно (!) уменьшается примерно на 9%. Лёд приобретает больший, чем у жидкой воды, объём и способен держаться на её поверхности. Иными словами, максимальная плотность воды наблюдается при температуре  $+4^{\circ}\text{C}$ , а не при температуре замерзания  $0^{\circ}\text{C}$ .

Такой характерный только для воды режим изменения плотности имеет огромное значение в природе. Большинство водоёмов на нашей планете, например озёра и водохранилища, не промерзают до дна даже в условиях сурового климата. С наступлением осени верхние слои воды, охладившись до  $+4^{\circ}\text{C}$  и достигнув максимальной плотности, постепенно опускаются на дно и вытесняют к поверхности более тёплые водные массы. Возникающие конвекционные течения стремятся выровнять плотностную неоднородность, цикл повторяется, и перемешивание продолжается до тех пор, пока вся масса воды в водоёме не достигнет температуры максимальной плотности. Благодаря такой циркуляции происходит насыщение придонных слоёв кислородом и перераспределение питательных веществ, необходимых для функционирования живых организмов по всей толще водоёма. Дальнейшее охлаждение поверхностного слоя воды приводит к образованию ледяного покрова, который предохраняет глубины от

дальнейшего промерзания, поскольку проводит тепло гораздо хуже, чем жидкая вода.

Лёд также обладает многими удивительными особенностями, из которых отметим две. Во-первых, он всегда чрезвычайно чист химически. В структуре льда практически не бывает примесей: при замерзании они вытесняются в жидкость. Именно поэтому снежинки всегда белые, а льдинки даже на поверхности грязной лужи практически прозрачные. В планетарном масштабе именно замечательный феномен замерзания и таяния воды играет роль гигантского очистительного процесса — вода на Земле постоянно очищает сама себя. Во-вторых, лёд и особенно снег обладают очень высокой отражательной способностью, благодаря чему солнечное излучение не вызывает заметного нагрева полярных областей и, как следствие, наша планета избавлена от сезонных наводнений и повышений уровня Мирового океана.



*Точки кипения и замерзания различных трёхатомных водородных соединений*

пературы всё более снижаются. И если бы гидрид кислорода, то есть вода, подчинялась общей закономерности, температура её кипения должна была бы составить — 70°C, а температура замерзания — 90°C. В таком случае ни в одном уголке Земли нельзя было бы обнаружить воду ни в твёрдом, ни в жидком состоянии: наша планета оказалась бы покрытой вечным туманом, а жизнь

Молекула воды — самая маленькая по сравнению с другими трёхатомными водородными соединениями — с серой (H<sub>2</sub>S), селеном (H<sub>2</sub>Se) и теллуrom (H<sub>2</sub>Te), со свойствами которых традиционно сопоставляют свойства воды. Такие молекулы при нормальных условиях образуют газы, а молекулы воды — жидкость. На графике показано, что у самого тяжёлого из гидридов, H<sub>2</sub>Te, температуры кипения и замерзания отрицательны; по мере перехода к гидридам более лёгким, H<sub>2</sub>Se и H<sub>2</sub>S, эти температуры

на ней — чрезвычайно проблематичной. Однако вода в земных условиях способна находиться одновременно во всех трёх фазовых состояниях — жидком, твёрдом, газообразном, что решающим образом отражается на природных процессах, формирует климат и внешний облик нашей планеты. Аномальность точек кипения и замерзания воды также связана с её молекулярными свойствами: на разрыв водородных связей между молекулами воды требуется большая энергия, чем в случае более массивных молекул гидридов S, Se, Te.

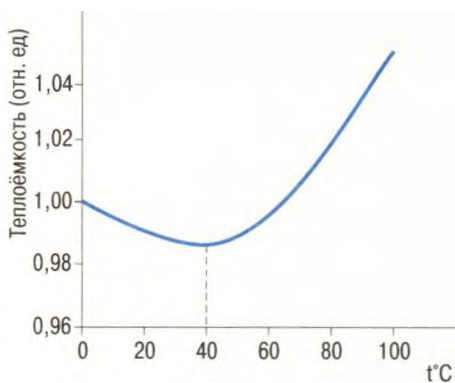
Уместно отметить ещё два удивительных свойства воды. В 1860 году Д.И. Менделеев указал на критическую температуру, выше которой пар не может быть превращён в жидкость ни при каком давлении. Второе — способность воды переохлаждаться до некоторых отрицательных значений температуры, не превращаясь в лёд. Например, в опытах с дистиллированной водой её удавалось охладить до — 70°C. Однако переохлаждённая вода находится в неустойчивом состоянии: стоит бросить в эту воду кристаллик льда или песчинку, как начинается неуправляемый процесс перехода воды из жидкой фазы в твёрдую. Способность воды принимать температуру ниже точки плавления льда была обнаружена Фаренгейтом в 1724 году. В стоячих водах водоёма переохлаждение воды и отток тепла происходят в основном на поверхности, поэтому здесь образуется только поверхностный ледяной покров. В реках же переохлаждение воды происходит по всей толще потока и тем интенсивней, чем выше скорость течения. Поэтому образуется внутриводный лёд, или шуга, являющаяся причиной зажоров на многих реках России в холодный период года. На температуру замерзания воды может оказывать влияние солёность, с увеличением которой на каждый 1% температура замерзания понижается на 0,54°C.

Чистая вода обладает самой высокой из всех жидких и твёрдых веществ теплоёмкостью. Это означает, что для нагревания воды необходимо затратить большее количество тепла, чем для такого же количества (по весу) другого жидкого или твёрдого вещества. Верно и обратное: при охлаждении вода отдаёт больше тепла, чем равное количество любого твёрдого вещества или жидкости. В этом заключается уникальная способность воды накапливать значительное количество тепла и при этом самой сильно не нагреваться.

В том, что в целом климат на земном шаре достаточно стабилен и мягок, он обязан воде, которая покрывает 3/4 всей поверхности планеты, постепенно накапливая тепло в течение тёплого периода года и отдавая в течение холодного. Океанические течения сглаживают температуры между экваториальными и полярными областями. Благодаря близости океана климат Западной Европы намного мягче, чем климат районов Сибири, расположенных на той же широте. Течение Гольфстрим делает Мурманск незамерзающим портом, в то время как Архангельск, расположенный на 500 км южнее, зимой надолго закрывается льдом. По долинам сибирских рек, текущих с юга на север, тайга вклинивается далеко на север, так как реки отепляют прилегающие к ним территории. Реки также отепляют морские северные заливы, в которые они впадают, и отдают не только воду, но и тепло. Для северных морей этот эффект отепления имеет большое экологическое значение, создавая более благоприятные условия для развития организмов, в том числе рыбных популяций.

Суточные и сезонные колебания температуры водных объектов менее значительны, чем колебания температуры окружающего воздуха. Эта же исключительная особенность воды способствует тому, что у человека нормальная температура тела поддерживается на одном уровне и жарким днём, и прохладной ночью.

Вода — единственное вещество на Земле (кроме ртути), для которого зависимость удельной теплоёмкости от температуры



*Зависимость удельной теплоёмкости воды от температуры*

имеет минимальное значение, составляющее около +37°C. Вследствие этого нормальная температура человеческого тела, состоящего на 2/3 из воды, находится в диапазоне от +36°C до +38°C. Температура других теплокровных млекопитающих, находящаяся в диапазоне от +32°C до +39°C, также хорошо соотносится с температурой минимума удельной теплоёмкости воды.

Вода обладает высокой удельной теплотой испарения воды и плавления льда, то есть воду очень трудно испарить, а лёд — растопить, поскольку немало энергии уходит на преодоление ассоциативных связей. Например, чтобы превратить воду, нагретую уже до  $+100^{\circ}\text{C}$ , в пар, необходимо затратить в шесть раз большее количество теплоты, чем для нагрева этой же массы от  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ .

Аномально высокие значения удельной теплоты испарения воды и плавления льда используются человеком в производственной деятельности. Так, воду широко применяют в производстве как удобный и доступный охладитель в самых разнообразных технологических процессах. При конденсации водяного пара каждый его грамм отдает 540 кал — эта теплота может быть использована в отопительных системах. Когда температура воды понижается до  $0^{\circ}\text{C}$  и она замерзает, то из каждого грамма воды высвобождается 79 кал. Поэтому при ночных заморозках сельские жители находят совершенно неожиданный на первый взгляд выход — опрыскивают сады водой для защиты бутонов и завязи от повреждения морозом.

**Вода, словно печка**, способна запастись в себе большое количество тепла, а затем отдавать его обратно. В тех местах, где воды поблизости нет, разница между ночной и дневной температурами достигает  $+50^{\circ}\text{C}$ . При таком перепаде температур лопаются камни! В знойной Сахаре после испепеляющей жары ночью без костра можно замёрзнуть!

Оберегая растения от заморозков, рачительные хозяева ставят в теплицах бочки с водой. Остывая на  $10^{\circ}\text{C}$ , этот объём воды даёт столько же тепла, сколько охапка дров.

Из всех жидкостей только ртуть обладает большим, чем вода, поверхностным натяжением — свойством, которое возникает на поверхности соприкосновения жидкости с воздухом, твёрдым телом или другой жидкостью и обусловлено силами притяжения между молекулами. Поверхностное натяжение стремится уменьшить поверхность жидкости до минимума. Поэтому капли жидкости имеют сферическую форму (поверхность сферы — наименьшая из всех геометрических фигур равного со сферой объёма). Из-за большого поверхностного натяжения воды капли дождя обладают упругостью и относительно большой кинетической энергией, способствуя размыву почв. Поверхностная

плёнка воды предоставляет некоторым животным организмам своеобразную опору для передвижения. Некоторые организмы, например водомерки, будучи тяжелее воды, поддерживаются на её поверхности и не тонут. Другие водные организмы, более лёгкие, чем вода, удерживаются в её толще, упираясь в плёнку над ними. Поверхностное натяжение играет роль в образовании волн на поверхности воды.



*Водомерка*

Не секрет, что под дождём одежда человека намокает. Это связано с таким свойством воды, как смачивание. Однако не все предметы намокают, с некоторых вода скатывается, не оставляя практически никакого следа. Объясняется это си-

лами взаимодействия между молекулами смачиваемого тела и молекулами воды: если они более слабые, чем между молекулами самой воды, вода будет просачиваться, в противном случае — растекаться по поверхности. Поверхностное натяжение и смачивание лежат в основе перемещения влаги по капиллярам почвы и снежного покрова, играют важную роль при циркуляции воды в тканях растений.

Вода обладает замечательными акустическими свойствами. Скорость распространения звуковых волн в воде зависит от её температуры, содержания растворённых веществ (солёности), давления и примерно в 4—5 раз выше скорости распространения звука в воздухе. С повышением солёности и давления скорость звука в воде увеличивается. При прочих равных условиях скорость звука в воде максимальна, если её температура равна  $+74^{\circ}\text{C}$ . Звуковые и ультразвуковые волны мало искажаются в водной толще. Такие акустические свойства воды позволяют ориентироваться и общаться друг с другом, например, таким животным, как дельфины.

Несколько слов об оптических свойствах воды. Падая на поверхность воды, например поверхность океана, часть солнечных лучей отражается от неё. При ясной и солнечной погоде доля отражённого света увеличивается, при наличии волн — уменьшается. Отражающая способность зависит и от угла падения солнечных лучей: если Солнце находится на горизонте и лучи скользят по воде, почти весь солнечный свет отражает-



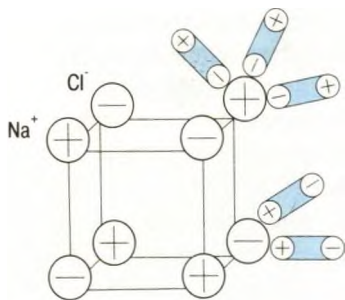
ся. Оставшаяся часть светового потока, пройдя сквозь границу раздела воздух—вода, отклоняется от своего первоначального направления, то есть преломляется. В водной толще интенсивность света снижается, он постепенно рассеивается и поглощается так, что уже на глубине 100 м остаётся около 1% его интенсивности на поверхности. Эта глубина практически является границей распространения большинства водорослей, поскольку ниже уже не могут протекать процессы фотосинтеза.

Как известно из курса физики, видимый свет разлагается в спектр электромагнитных волн разной длины — от фиолетового до красного. В чистой воде менее всего поглощаются волны синего и голубого спектров, поэтому человеческий глаз видит небо (то есть атмосферу, содержащую водяной пар) и море голубыми. Наличие взвешенных частиц в воде увеличивает рассеяние и поглощение световых волн, максимальное поглощение при этом переходит на другую часть спектра, соответственно меняется и цвет воды, воспринимаемый человеческим глазом: от голубого — к зелёному и желтовато-бурому.

**Вода вовсе не мягкая и податливая.** Она может проявить себя прочнее стали. Это свойство воды используется при резке бетона на специальном токарном станке. Столкновение дождинки с реактивным самолётом оставляет след на его корпусе.

### **...и камень точит**

Благодаря полярности своей молекулы и наличию водородных связей вода обладает свойствами универсального растворителя. В ней могут растворяться (в большей или меньшей степени) практически все элементы периодической таблицы Д.И. Менделеева, большинство жидких, твёрдых и газообразных веществ. В качестве иллюстрации можно привести механизм растворения кристалла обычной поваренной соли. К положительно заряженным ионам натрия притягиваются молекулы воды сторонами с избытком отрицательного заряда, а к отрицательно заряженным ионам хлора — положительно заряженные стороны молекулы воды. Таким образом, происходит противодействие двух электростатических сил между ионами внутри кристаллической решётки твёрдого вещества с одной стороны



Кристалл поваренной соли

и между этими ионами и молекулами воды — с другой. Отщепляя ион от кристаллической решётки, молекулы воды окружают его, образуя так называемую гидратную оболочку. Силы притяжения настолько велики, что эта оболочка может сохраняться даже тогда, когда вещество выпадает в осадок. Вот почему в состав многих минералов входит вода. Например, всем известная сода по весу на 55% состоит из воды.

В процессе круговорота в природе вода, соприкасаясь со всевозможными веществами, представляет собой раствор различного, зачастую очень сложного состава. Наименьшая концентрация растворённых веществ (десятки миллиграммов в литре) содержится в атмосферных осадках, поскольку при испарении вода теряет большую часть растворённых в ней веществ. Их наименьшее содержание характерно также для таких запасников воды на нашей планете, как ледники и снежники. Количественный показатель содержания растворённых в воде веществ называется общей минерализацией и выражается величиной *мг/л* или *г/л*. Содержание растворённых веществ в воде морей и океанов выражают также в относительных единицах, как правило, в промилле (‰), то есть *г/кг*, и называют солёностью. Вообще, если в одном литре природной воды содержится до 1 г (1000 мг) растворённых веществ, её считают пресной, от 1 до 25 г — солоноватой, от 25 до 50 г — солёной (или морской солёности) и выше 50 г — высокосолёной (или рассолом). В морской воде содержание солей изменяется от нескольких единиц до десятков граммов на литр. Например, в Балтийском море оно не более 5 г/л, в Чёрном — 18, а в Красном море — около 40 г/л. В среднем в 1 л океанской воды растворено 34—35 г солей. Общее количество их настолько велико, что, выделенные из воды, соли покрыли бы поверхность земного шара слоем стометровой толщины.

Оборотная сторона медали — выпадение накопленных веществ из водного раствора, что создаёт ряд трудностей в использовании такой воды для хозяйственных целей. Так, высокое содержание солей магния и кальция, так называемых

солей жёсткости, приводит к образованию накипи, ухудшает качество питьевой воды.

Способность воды растворять соли возрастает с повышением температуры и понижается с её уменьшением. Этим объясняется выпадение солей из воды сильно минерализованных озёр осенью и в зимний период. Сульфаты кальция и магния, наоборот, выпадают в осадок при повышении температуры раствора — этим объясняется накипь в чайнике.



*Накипь на внутренней поверхности труб*

## Сенсации?

Необыкновенное вещество - вода — дарит пытливым умам всё новые открытия.

Группе учёных Ливерпульского университета, распылив обычную воду на маленькие капли и смешав со специальной формой кремния, предотвращающей слияние капель, удалось получить порошок, который они назвали сухой водой. Но если взять его пальцами, тут же появляется обычная вода. В такой сухой воде можно хранить и транспортировать природный газ. Японская фирма Mitsui Engineering and Shipbuilding даже создала опытный проект корабля для перевозки метана с помощью сухой воды.

Известно, что именно водородные связи делают воду жидкостью жизни, и они же, как утверждает другая группа — финские специалисты из «Зелени жизни», — помогли сделать её тоже сухой. Воздействуя на высокочистую дистиллированную воду мощным магнитным импульсом с особым характером колебаний рабочего поля, им удалось изменить полярность всех водородных связей. В результате вода из жидкости превратилась в порошок. Сухая вода не испаряется, не проливается и занимает гораздо меньший объём, так как её можно прессовать. Превратить порошок обратно в жидкость очень легко — достаточно бросить его в воду.

Первые шаги в разработке сухой воды делают учёные и других стран.

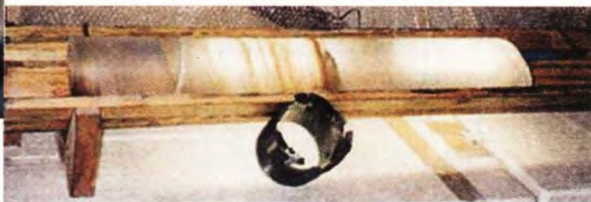
В последнее время в средствах массовой информации появилось много публикаций и сообщений о том, что у воды есть память и она может выступать в качестве носителя информации. Такие вопросы хотя и звучат довольно необычно, но по своей сути очень серьёзны и важны. По словам академика И.В. Петрянова-Соколова, они касаются большой физико-химической проблемы, которая в своей наиболее важной части ещё недостаточно исследована.

Ответ на вопрос, может ли история Земли отразиться на физико-химических свойствах воды, можно проиллюстрировать на одном весьма интересном примере — на «памяти» льда. В Арктике, в толще огромного ледника на севере Гренландии, учёные пробурили скважину. В результате был высверлен и извлечён гигантский ледяной керн длиной почти полтора километра. На нём были отчётливо различимы годовичные слои нарастающего льда. По всей длине керна эти слои были подвергнуты изотопному анализу, и по относительному содержанию тяжёлых изотопов водорода и кислорода были определены температуры образования годовичных слоёв льда на каждом участке керна. Была восстановлена климатическая обстановка на Земле на протяжении тысячелетия. Вода всё это сумела запомнить и записать в глубинных слоях гренландского ледника. То, что сохранила в памяти вода, полностью совпало с записями в исторических хрониках. Обнаруженная по изотопному составу льда периодичность изменения климата позволяет предсказывать среднюю температуру в будущем на нашей планете.

Несмотря на явный успех в изучении свойств воды, в науке накопилось много интересных, а зачастую просто непонятных фактов. Например, теоретическая физика говорит о том, что со свойствами воды, пропущенной через сильное маг-



*Ледяные керны,  
хранящие историю*



нитное поле, ничего особенного произойти не может. После отключения магнитного поля вода должна мгновенно вернуться в своё прежнее состояние. Однако опыт показывает, что некоторые свойства всё же меняются. Например, в тепловой энергетике на стенках труб отопления из обычной воды откладываются соли жёсткости плотным и трудно удаляемым слоем, а из омагниченной воды выпадает только рыхлый, взвешенный в воде осадок. Поэтому на многих тепловых станциях давно введена магнитная подготовка воды, а как и почему она работает, не знают ни инженеры, ни учёные. Кроме того, подмечено, что после магнитной обработки воды в ней ускоряются процессы кристаллизации, растворения, адсорбции, эффект смачивания, хотя во всех случаях эти изменения невелики. Действие магнитного поля на воду (обязательно быстротекущую) длится малые доли секунды, а «помнит» вода об этом десятки часов. Почему — пока неясно. Ведь даже неизвестно, на что именно действует магнитная обработка — на собственно воду или на содержащиеся в ней растворённые вещества. Эти примеры свидетельствуют, насколько практика опередила науку.

Ещё пример — талая вода. Давно замечено, что в талой воде быстрее и лучше прорастают семена, быстрее развиваются ростки. Есть даже свидетельства того, что цыплята, вскормленные на такой воде, быстрее и лучше развиваются. Установлены и чисто физико-химические отличия: например, талая вода отличается от обычной показателями вязкости и электропроводности. Вязкость талой воды принимает обычное для воды значение только через 3—6 суток после плавления снега. Что является причиной такой реакции воды? Большинство исследователей объясняют эти явления так называемой структурной памятью, связывают их с изменением тонкой структуры молекулярного состояния воды. Однако до конца эти явления ещё никто не объяснил.

Есть и другие оставшиеся пока без ответа вопросы, которые поставила вода. И вполне возможно, что в очень скором времени нас ждут новые сенсации.

# ВОЗНИЦА ПРИРОДЫ

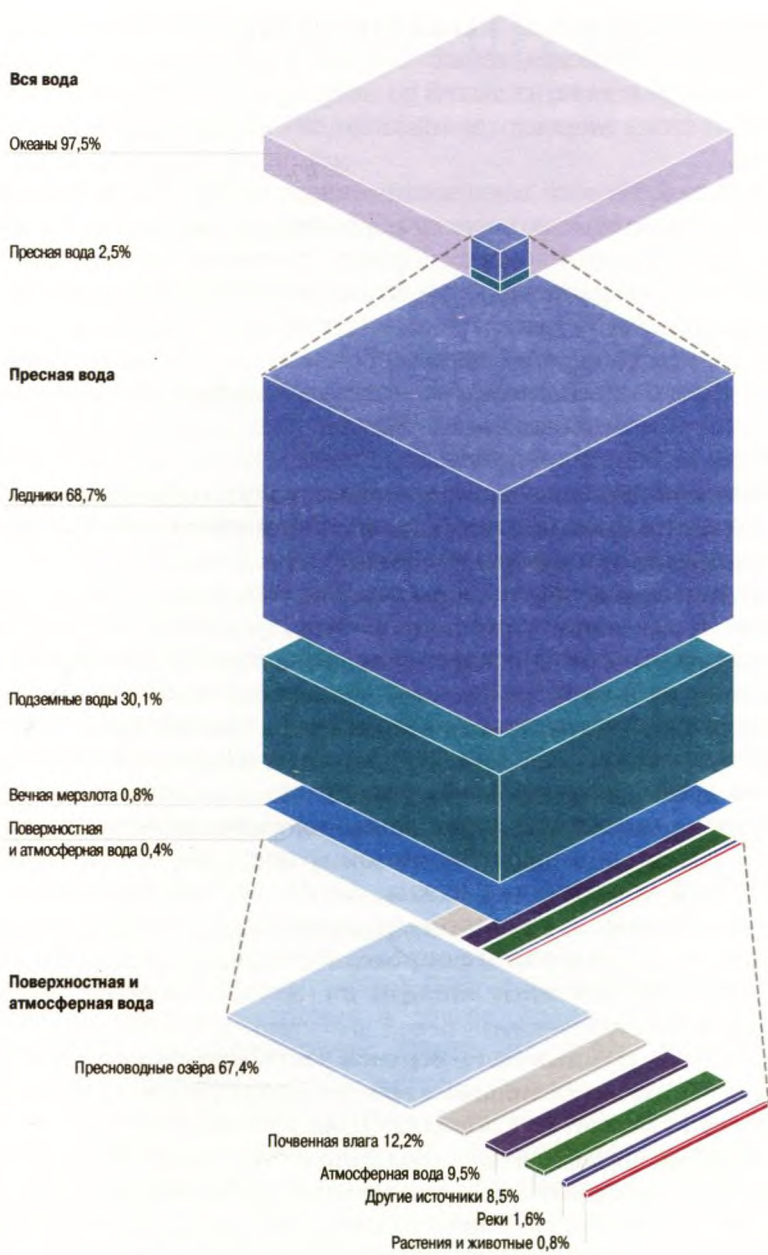
*Всё хорошо в природе,  
но вода - красота всей природы.*  
С.Т Аксаков

## Вездесущая

Великий Леонардо да Винчи назвал воду возницей природы, поскольку именно она, переходя из почвы в растения, с суши в атмосферу, из атмосферы на землю, переносит, «везёт» огромное количество веществ, формируя лик планеты.

Давно замечено, что в природе всё гармонично и логично. Природные системы существуют по своим специфическим правилам и, если не разрушены человеком, являют собой образцы совершенства. Такова и гидросфера (от греч. *hydor*— вода и *sphaira* — шар) — водная оболочка, одна из четырёх основных и взаимосвязанных оболочек нашей планеты: атмосферы (газовой оболочки), литосферы (земной коры) и биосферы (всего живого на земном шаре). Гидросфера включает все гидравлически связанные между собой воды, находящиеся в жидком и твёрдом состоянии как на поверхности Земли, так и в земной коре, — воды океанов, морей, подземные воды и поверхностные воды суши. Учёные пришли к выводу о способности гидросферы контролировать перепады энергии, поступающей от Солнца, и поддерживать температуру приземного слоя в любой точке — в интервале, приемлемом для живых существ.

Вода — самое распространённое на Земле вещество, её суммарные запасы составляют около 1370 млн км<sup>3</sup>. Несмотря на огромное общее количество воды на Земле, в значительной своей массе она — солёная. Непрерывную водную оболочку Земли, окружающую материки и острова, принято называть Мировым океаном, на него приходится 97,5% всех



*Распределение воды в различных частях гидросферы*

запасов воды планеты. Концентрация растворённых в Мировом океане неорганических веществ колеблется от нескольких граммов и даже их долей на литр в распреснённых за счёт речного стока морских заливах до 40—42 г/л в тропических морях.

Только 2,5% всей воды земного шара является пресной. Но в каких удивительных по разнообразию формам находится пресная вода! Самые большие её запасы заключены в ледниках — 68,7% всей пресной воды на Земле. На долю подземных вод приходится 30,1%. Несмотря на микроскопическую долю, которую в общем количестве воды на Земле занимают реки, именно они вместе с пресными озёрами сегодня являются основными источниками питьевой воды. Исключительно важные водные объекты — болота: за унылым и невыразительным болотным пейзажем скрывается одна из наиболее ценных экосистем нашей планеты. Болота способствуют сохранению лесных экосистем и природного биоразнообразия.

Помимо гидросферы вода содержится в трёх других оболочках Земли — атмосфере, литосфере, биосфере. В атмосфере вода может находиться в виде пара, тумана, мельчайших капель воды и кристаллов льда, которые способны выпасть на землю в виде осадков — снега, града, дождя, росы, изморози, инея, наледи. Количество воды в атмосфере в общем запасе воды на Земле крайне мало: вся сконденсированная одновременно атмосферная влага образовала бы на поверхности земли слой воды толщиной менее 3 мм. Однако роль этой влаги чрезвычайно важна, поскольку именно она служит основным источником формирования и пополнения водных ресурсов и в итоге определяет водность рек, озёр, болот, оказывая огромное влияние на качество поверхностных и подземных вод.

Объём подземных вод в верхней части земной коры до глубины 3 км равен примерно 23 млн км<sup>3</sup>, до глубины 5 км эта величина уже составляет порядка 60 млн м<sup>3</sup>. Кроме того, в земной коре значительная часть воды является связанной и входит либо непосредственно в состав минералов (химически связанная), либо образует мельчайшие скопления на частицах горных пород, удерживаемые силами молекулярного притяжения (физически связанная).



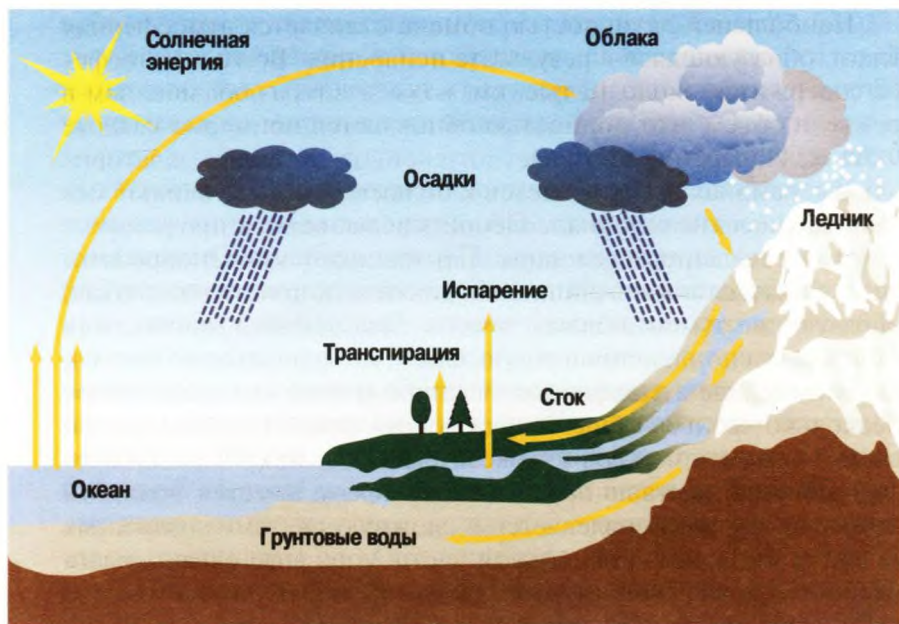
Биосфера обладает самым незначительным суммарным объёмом из всех видов воды, включённых в мировой водный запас. Биологическая вода содержится в тканях растений, животных и человека. Однако эта вода оказывает влияние на климатические особенности регионов.

Подземные воды взаимодействуют с поверхностными и атмосферными водами. По интенсивности этого взаимодействия выделяют три зоны. Первая — зона так называемого активного водообмена, которая простирается до глубин 300—500 м от поверхности земли. Полный водообмен, или обновление воды, здесь происходит за годы и десятилетия. Воды этой зоны представляют наибольший интерес с практической точки зрения. Вторая — зона замедленного водообмена, которая располагается на глубинах от 500 до 2000 м. Возобновление воды здесь происходит за гораздо больший промежуток времени — десятки, а иногда и сотни тысяч лет. И наконец, ниже 2 км простирается зона пассивного водообмена. Время обновления воды в этой зоне исчисляется уже миллионами лет.

По некоторым оценкам, огромное количество воды сосредоточено в более глубоких недрах мантии Земли, которое оценивается примерно в 13—15 млрд км<sup>3</sup>. Выход воды, выделявшейся из мантии в процессе разогревания Земли на ранних стадиях её формирования, и дал, по современным воззрениям, начало гидросфере. Ежегодно из земной мантии поступает около 1 км<sup>3</sup> воды.

## **Круговорот воды в природе**

Все воды Земли находятся в постоянном движении: переходят из одного состояния в другое, накапливаются, перемещаются, взаимодействуют. Одним из самых грандиозных планетарных процессов, где воедино связаны все воды нашей планеты, все части гидросферы — океаны, реки, болота, ледники, подземные и атмосферные воды, является круговорот воды. В ходе этого процесса создаётся исключительное многообразие природных вод, подчас с весьма удивительными свойствами. Но вместе с тем, как отметил В. И. Вернадский: «Все природные воды, где бы они ни находились, теснейшим образом связаны



### *Круговорот воды на Земле*

между собой и представляют единое целое». Это единое целое всех вод земного шара раскрывается в процессе круговорота.

**Энергия могучего светила Солнца** сродни мощному насосу в 600 млрд лошадиных сил: ежегодно с поверхности всего земного шара в атмосферу, на высоту более 4 километров, она поднимает свыше полумиллиона кубокилометров воды. При этом очищает их самым совершенным способом - испарением. Распределяясь затем по поверхности Земли, вода обеспечивает питание всего органического мира, преобразует мир неорганический, поддерживает санитарное состояние почв, служит защитой от огня, находится на службе человека.

Совершив работу по питанию и санитарии, вода наземными и подземными стоками, начиная от тончайших, как капилляры, ручейков и кончая могучими реками, вновь собирается в океане.

Процесс круговорота воды определяется двумя основными причинами: нагреванием Земли энергией Солнца и силой земного тяготения. По оценкам учёных, объём ежегодно испаряющейся с поверхности земного шара влаги составляет около 577 тыс. км<sup>3</sup>.

Наибольшей активностью обмена отличается атмосферная влага, образующаяся в результате испарения. Всего в атмосфере содержится около 13 тыс. км<sup>3</sup> воды — в 6 раз больше, чем в реках, и объём этот полностью обновляется примерно каждые 9 суток. Испарение протекает интенсивнее в тёплых экваториальных районах и уменьшается к полюсам, на него влияют метеорологические условия, солёность воды, ветер и проч.

В определённых условиях пар начинает конденсироваться, собираться в мельчайшие капельки или кристаллики льда, образующие туман, облака, тучи, а сила земного притяжения заставляет сконденсированную влагу возвращаться в океан и на сушу в виде атмосферных осадков. В этой связи выделяют несколько звеньев общего круговорота воды. Наибольшее по объёму вовлекаемой воды — океаническое звено. Мировой океан — главный поставщик влаги в атмосферу. Вместе с воздухом атмосферная вода вовлекается в сложную систему воздушных течений. Испарившись в одной части Мирового океана, влага переносится воздушными потоками в другую часть и там выпадает в виде осадков. В целом 80% испарившейся с поверхности Мирового океана влаги вновь туда возвращается и только 20% направляется на сушу, однако не вся влага выпадает в виде осадков: часть её (от 20 до 75%) проходит над материками транзитом и снова уносится в океан. Но чем больше размеры материка и выше расположенные на нём горные системы, тем больше влаги он может задержать. Наибольшее количество атмосферной влаги перехватывается Евразией, наименьшее — Австралией. Южная Америка ежегодно получает почти втрое больше осадков, чем Австралия, и почти вдвое больше, чем Северная Америка. Часть задержанной материками влаги вновь возвращается в атмосферу в результате транспирации (испарения растениями): в Австралии эта величина достигает 87%, а в Европе и Северной Америке — 60%. Остальная часть осадков стекает по земной поверхности, просачивается в почву и в конце концов с речным стоком и грунтовыми водами достигает океана.

Все воды суши образуются из осадков, принесённых воздушными течениями. Так одно звено круговорота — атмосферная влага — переходит в другое. В Мировой океан атмосферная влага под влиянием силы тяжести возвращается уже как материковый сток, который складывается из стока рек

(41,7 тыс. км<sup>3</sup>/год), ледникового стока (3,0 тыс. км<sup>3</sup>/год), в виде откалывающихся айсбергов и талых вод покровных ледников, а также подземного стока (2,2 тыс. км<sup>3</sup>/год).

Содержание воды в процессе глобального круговорота  
(по данным К.С. Лосева)

Процесс	Мировой океан, x10 <sup>14</sup> т	Суша, x10 <sup>14</sup> т
Испарение	5,0	0,7
Осадки	4,5	1,2
Сток	0,5	0,5

Условно вся суша подразделяется на две части: области внешнего стока, откуда поступившая с осадками влага с течением времени стекает в Мировой океан, и бессточные области, не дающие стока. На долю последних приходится 20% всей поверхности суши. При этом опять-таки географические условия поверхности суши определяют дальнейшую судьбу выпавших осадков: при высоком коэффициенте сухости значительная часть выпавших осадков снова испаряется с её поверхности. При выпадении атмосферных осадков в высокогорных районах они превращаются в снег и лёд, образуя ледники и снежники. Часть воды просачивается в почву и более глубокие земные слои, формируя запасы подземных вод. Оставшаяся часть, попадая в реки, стекает в океан или в бессточные области. Самой значительной является бессточная область на Австралийском материке, занимающая более половины его площади. К бессточным областям относятся бассейны рек Волги, Амударьи и Сырдарьи, области пустынь. На долю водосборной площади Каспийского моря приходится около 1/4 стока бессточных областей мира.

Вода и суша на Земле распределены неравномерно: большая часть суши расположена в Северном полушарии, где она занимает ~40% его поверхности, меньшая, ~20%, — в Южном. Поэтому процессы, составляющие круговорот воды, протекают далеко не одинаково в разных частях земного шара, в разные сезоны и в разных водных объектах. Это обуславливает разделение материковых вод на отдельные части кругооборота, скорость водообмена в которых также неодинакова. В Мировом океане за счёт испарения вся вода обновляется в течение 2400 лет. В ледниках полярных шапок Земли, которые питаются влагой из

атмосферы и, как и реки, только намного медленнее, стекают в океан, смена льда происходит примерно за 10 тыс. лет. В подземных водах водообмен происходит в течение ~5 тыс. лет, а в реках для полной смены вод требуется не более трёх недель.

Круговорот воды может быть сильно осложнён испарением, происходящим на суше с поверхности внутренних водоёмов, почвы, листьев растений. Это испарение существенно пополняет запасы влаги в атмосфере, вызывая увеличение осадков. Так, на фоне большого круговорота возникают местные, или внутриматериковые, круго-

вороты. Внутриматериковые системы круговорота иногда протекают лишь в пределах маленького водоёма и примыкающей к нему прибрежной полосы, а иногда распространяются на очень большие площади. Существенную роль здесь может играть раститель-



*Туман и облака*

ность. В целом суммарная площадь листьев наземных

растений сопоставима с площадью Мирового океана. За счёт растений площадь испаряющей поверхности суши в несколько раз больше, чем суммарная площадь всех островов и материков, вместе взятых. Поверхность, покрытая растительностью, особенно лесом, часто испаряет гораздо больше воды, чем равная ей поверхность водоёма. Осуществляя обратную связь грунтовых вод с водами атмосферы в каждой точке континентального круговорота через корневую систему и систему собственной терморегуляции, растительность потребляет в 1000 раз больше воды, чем нужно для наращивания собственной массы. Тем самым континентальная растительность поддерживает поверхность прохладной, а это не что иное, как стабильный климат.

Наблюдается и такое интересное явление. В любой точке земного шара речной сток испытывает суточные и сезонные колебания, а также меняется с периодичностью в несколько лет. Эти вариации часто повторяются в определённой последовательности, то есть являются циклическими. Например, расходы воды в реках, берега которых покрыты густым растительным

покровом, обычно выше ночью. Это объясняется тем, что с рассвета до заката растительность использует грунтовые воды для транспирации, вследствие чего происходит постепенное сокращение речного стока.

Как не удивиться и такой взаимосвязи. В засушливые периоды усиливается водоотдача ледников, благодаря чему компенсируется недостаток дождевого и снегового питания рек. Так, реки Средней Азии получают максимальное количество талой ледниковой воды в конце июля — начале августа, то есть именно в те периоды, когда питание рек за счёт таяния снегов уже закончилось, а осадки невелики. Именно в эти периоды в сельскохозяйственных районах среднеазиатских стран происходит наибольший отбор воды на орошение.

В общем круговороте воды так или иначе участвуют все живые организмы, пропуская через себя воду. В биоте (от греч. *biote* — жизнь — совокупность видов растений, животных и микроорганизмов, объединённых общей областью распространения) в целом содержится около половины массы воды всех рек мира. Среднее время задержки воды в биоте — не более 13 дней. Морские организмы, для которых вода является не только средой обитания, но и источником пищи и кислорода, пропускают через себя весь объём Мирового океана всего за полгода.

В результате круговорота воды происходит не только перераспределение влаги на нашей планете. Под воздействием речных потоков и волн разрушаются горные породы, изменяется рельеф местности. Реки можно сравнить с огромной транспортной системой, постоянно несущей помимо воды обломки горных пород, растворённые и взвешенные вещества, живые организмы, тепло. В совокупности все реки Земли за год транспортируют около 3,6 млрд т растворённых веществ и 17 млрд т передвигаемых по дну и взвешенных в толще воды наносов. Разрушение пород и почв тем значительнее, чем сильнее и чаще выпадают дожди, интенсивнее снеготаяние, выше скорости течений. Благодаря тому что вода является очень хорошим растворителем, растворённые вещества и газы переносятся на большие расстояния. Круговорот воды во многом определяет круговорот вещества в природе, а также является основой гармоничного существования всей совокупности растительных и животных организмов.

## Тайна обновления

Каждый водный объект, будь то океан, озеро или ручей, представляет собой экосистему, то есть единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, которые тесно связаны между собой обменом веществ и энергии. Каждая экосистема в естественных условиях существует в устойчивом состоянии, обеспечивающем ей такое поразительное свойство, как способность к самоочищению, то есть к сопротивлению различного рода внешним воздействиям, например загрязнению, и восстановлению исходных природных свойств. Способность к самоочищению возможна благодаря взаимосвязанным физическим, химическим и биологическим процессам, постоянно протекающим в водных объектах.

Загрязнение водного объекта может происходить естественным образом, например при обрушении берегов или впадении притока с совершенно другим качеством воды. Исключительно важно самоочищение при антропогенном загрязнении. Если экосистема не нарушена и загрязнение не чрезмерно, самоочищение рано или поздно вернёт водный объект в исходное состояние.

Скорость самоочищения зависит от многих факторов, но эффективнее всего протекает в водных объектах с экосистемой, не сильно трансформированной антропогенной деятельностью. Если нагрузка на водный объект растёт, процессы самоочищения замедляются, но экосистема ещё в силах с ней справиться. Однако после некоторого порога происходит деградация способности экосистемы к самоочищению: она перестаёт справляться с той нагрузкой, с которой справлялась ранее. Наличие такого порога допустимой нагрузки — очень важная характеристика водного объекта. Она различна у водных объектов и зависит от водности, географического положения и ряда других факторов. Принцип антропогенной деятельности на водном объекте — не выходить за пределы таких критических значений, при которых происходит нарушение устойчивости экосистемы.

Следует отметить, что антропогенные воздействия — это не только загрязнения, но и безвозвратный отбор воды, превышающий возможности водного объекта, и изменение естественно-

го гидрологического режима, и тепловое загрязнение. Методы количественной оценки самоочищения водного объекта ещё недостаточно разработаны. Основная трудность заключается в том, что необходимо рассматривать в совокупном взаимодействии физические, химические, биологические, гидродинамические и другие процессы, которые формируют качество воды водных объектов.

Водный объект — динамическая система, в которой содержится огромное количество различных веществ и живых организмов. Поэтому неудивительно, что в воде происходят разнообразные процессы, которые называются внутри водоёмными. Их интенсивность определяется физико-географическими условиями, особенностями гидрологического режима водных объектов, влиянием жизнедеятельности животных и растительных организмов.

Среди физических процессов первостепенное значение имеют разбавление, перемешивание, отстаивание и осаждение на дно поступающих в водный объект загрязняющих веществ. Разбавление приводит к снижению концентрации вещества. В водных объектах с проточной водой, например реках, разбавление осуществляется быстрее, чем в водоёмах с замедленным стоком, и чем выше скорость, тем сильнее перемешивание. В озёрах и водохранилищах эти процессы происходят в основном под влиянием стоковых течений впадающих рек и действия ветра, поэтому в водоёмах с медленным водообменном наибольшее значение приобретают процессы отстаивания и осаждения. Осаждение нерастворённых взвешенных частиц приводит к заметному уменьшению мутности и увеличению прозрачности воды.

Осаждаются не только явно присутствующие в воде взвеси, но также и растворённые вещества. Этому способствуют различные химические процессы и реакции, в результате которых образуются труднорастворимые вещества, выпадающие в осадок. Присутствующие в воде взвешенные частицы органической и неорганической природы часто выступают в качестве сорбирующего материала. Обычно это различные глинистые материалы, гидроокиси металлов (в основном железа и марганца), а также органическое вещество растительного и животного происхождения. В процессе сорбции происходит поглоще-



ние загрязняющих веществ из водной среды как поверхностью твёрдой частицы, так и всем её внутренним объёмом. Осаждаясь на дне, такие частицы в течение всей жизни водоёма образуют донные отложения с захороненными в них загрязняющими веществами. При взмучивании донных илов создаются предпосылки для вторичного загрязнения водоёмов. Мощность донных отложений может быть очень велика. Например, толщина отложений озера Неро в Ярославской области составляет более 100 м — при глубине самого озера менее 4 метров.

Снижение содержания органики в водных объектах и уменьшение токсичности органических веществ происходит в процессе химического и биологического окисления. В этой связи самоочищающая способность природных вод определяется содержанием в них растворённого кислорода. Кроме того, что кислород сам по себе является хорошим окислителем, в его присутствии идёт разложение органического вещества в результате жизнедеятельности различных микроорганизмов — бактерий, грибов, водорослей и проч. Чем больше содержание в воде растворённого кислорода, тем интенсивнее идёт разложение органического вещества. Поскольку в проточных водах благодаря хорошему перемешиванию содержание кислорода выше, чем в стоячих, их способность к окислению также выше. С ростом температуры воды растворимость кислорода снижается, однако микробиологические процессы протекают быстрее. Поэтому тепловое загрязнение вод может снижать устойчивость водной экосистемы, если повышение температуры выходит за границы экологического оптимума для живых организмов, а может, наоборот, ускорять самоочищение.

Важная роль в водном объекте принадлежит восстановительным реакциям, обратным окислению. Эти процессы происходят при дефиците кислорода и приводят к появлению в водном объекте таких газов, как метан и сероводород. Последствия восстановительных реакций можно увидеть в заболоченном озере при взмучивании донного ила и появлении со дна газов. Как правило, процессы восстановления происходят в стоячих водоёмах с большой цветностью и обилием водных растений. Иногда они могут происходить и в донных отложениях медленно текущих рек, особенно зимой, когда резко снижается содержание кислорода в воде.

Под влиянием ультрафиолетового излучения Солнца происходит обеззараживание воды. Эффект достигается прямым воздействием ультрафиолетовых лучей на внутреннюю структуру микробных клеток, а также споровых организмов и вирусов.

Биологические процессы связаны с населяющими водные объекты живыми организмами. В водных объектах обитают сотни видов микроорганизмов, обеспечивающих переработку органических веществ в минеральные.

Водные организмы-фильтраторы, пропуская через себя воду, осветляют её, отфильтровывая взвешенные частицы. Основную роль в этом процессе играет зоопланктон — совокупность разнообразных микроорганизмов, дрейфующих с



*Двустворчатые моллюски*

подводными течениями. Это настоящие живые фильтры. Немаловажным звеном в процессе очистки воды являются двустворчатые моллюски. Вода, содержащая мельчайшие животные и растения, а также органические остатки, поступает через нижний жаберный сифон в мантийную полость — пищеварительную систему, несъедобные вещества оседают на слое слизи, покрывающем поверхность мантии двустворчатых. Слизь по мере загрязнения

перемещается к концу раковины и выбрасывается в воду. Комочки её представляют собой комплексный концентрат для питания микроорганизмов. Они и завершают цепь биологической очистки воды в водном объекте. Чтобы оценить масштабы фильтрации, достаточно привести некоторые примеры. Одна мидия длиной 5—6 см пропускает через себя около 3,5 л воды в сутки. Объём процеживаемой моллюсками воды колеблется от 150 до 280 м<sup>3</sup> в сутки на 1 м<sup>2</sup> морского побережья. Таким образом, мидии, устрицы и другие двустворчатые моллюски создают мощный пояс биофильтра, сквозь который ежедневно пропускаются все прибрежные воды. Скорость фильтрации моллюсков, обитающих в пресных водах, бывает ещё выше, чем у морских форм. В Волгоградском водохранилище ежегодно с апреля по ноябрь двустворчатый моллюск-дрейссена процеживает 840 млрд м<sup>3</sup>, что составляет примерно 24 объёма этого искусственного водоёма.

Многие водные организмы способны накапливать в своих тканях, а также разрушать и обезвреживать присутствующие в водной среде токсичные вещества. Этот процесс получил название биологической детоксикации воды. Особенно большое значение в процессе самоочищения водных объектов имеет биологическая детоксикация нефтепродуктов, пестицидов и солей тяжёлых металлов. Так, на ряде волжских водохранилищ бактерии разлагают от 0,1 до 0,9 мг нефтепродуктов в 1 л воды в течение суток.

Важнейшим фактором, определяющим газовый режим водоёмов, является поглощение углекислого газа и насыщение воды кислородом в процессе фотосинтеза водной растительностью. Научно доказано, что поступление кислорода, выделяющегося в процессе фотосинтеза, так называемая фотосинтетическая аэрация воды, соизмеримо, а иногда и превосходит поступление кислорода из атмосферы.

Установлено, что качество воды в природе во многом зависит от тех веществ, которые выделяются в процессе жизнедеятельности различных водных организмов, или гидробионтов. К ним следует прежде всего отнести витамины, ферменты и некоторые другие вещества, которые способствуют развитию живых организмов и улучшают питьевые качества воды. Экспериментально показано, что сгенерированная из мочи вода, несмотря на то что она соответствовала всем нормам ГОСТа, оказывала на зоопланктон угнетающее действие, которое полностью исчезло после внесения водорослей *Oscillatoria*. Выделения этих водорослей сделали воду безвредной. Интересно, что нарушать физиологические процессы в живом организме способна и артезианская вода из-за отсутствия или недостаточности в ней биологических веществ.

Для сохранения необходимого качества воды большое значение имеет распространение вдоль берегов водоёмов высшей водной растительности. Специализи-



*Природные биофильтры*

ты считают, что оптимальная площадь зарастания прибрежной зоны водоёмов, обеспечивающая очистку загрязнённых вод, должна составлять 7—10% площади их водного зеркала. Такие растения, как камыш, рогоз, тростник обыкновенный, выполняют функции своеобразного биофильтра, хорошо очищающего воду. За рубежом для очистки вод используются заросли гиацинта — растения, которое способно снижать концентрацию в воде радиоактивных веществ и тяжёлых металлов. Подсчитано, что заросли этого растения способны за сутки извлечь с 1 га водной поверхности 44 кг азота и калия, 34 кг натрия, 22 кг кальция и до 4 кг марганца.



*Эвтрофирование водоёма*

Необходимо отметить, что в случае, когда в водном объекте отмечается избыток питания для микроводорослей (а это не только углекислый газ, но и соли фосфора, азота и других веществ), то их рост может стать лавинообразным, приводя к эвтрофированию водного объекта и, как следствие, его цветению. Эвтрофирование — процесс нежелательный и часто происходит под влиянием человека, хотя может происходить и в природе: свидетельство тому — болота, конечная фаза эвтрофикации бывших озёр.

Биологические процессы — это ещё и формирование так называемых трофических цепей, когда одни организмы служат питанием для других. Пример одной из таких цепей: фитопланктон — зоопланктон — рыбы. В природном водном объекте обычно формируется полноценная и гармоничная трофическая сеть, когда состав живых организмов, его населяющих, является оптимальным, максимально приспособленным к конкретным природным условиям. Вмешательство человека часто приводит к нарушению одного или нескольких звеньев трофической цепи, результатом чего становится либо избыточная численность каких-то сообществ, например при эвтрофировании, либо резкое снижение (это касается некоторых видов рыб, особенно ценных). Природные механизмы самоочищения воды широко используются в хозяйственной деятельности человека.

Например, свойство некоторых бактерий разлагать углеводороды используется для биологической очистки балластных вод нефтеналивных танкеров.

Таким образом, качество воды в водном объекте является результатом действия двух противоположно направленных процессов: привнесением загрязнений, обусловленных разнообразным внешним, а иногда и внутренним воздействием, и совокупностью всех факторов самоочищения, направленных на нивелирование этого воздействия. Поэтому все водоохранные мероприятия должны быть направлены на сохранение самоочищающей способности водных объектов и поддержание биоразнообразия водных экосистем.

В целом гидросфера являет собой динамическую систему, которой свойственна гармония, и, несомненно, имеются большие резервы для восстановления равновесия. Как бы ни было велико антропогенное воздействие на природу, человек не в силах существенно повлиять на общие запасы пресной воды на земном шаре. При грамотном и уважительном отношении к природе, применяя новейшие технологии, даже сильно загрязнённым водным системам может быть возвращена первозданная чистота.

# НАЦИОНАЛЬНОЕ ДОСТОЯНИЕ РОССИИ

*...жизнь - особое царство природных вод.*  
В.И. Вернадский

## Водная держава

Россия богата природными водами. Почти четверть мировых запасов пресной воды сосредоточено в границах нашего государства. Реки и озёра, болота и ледники, подземные горизонты и почвенная влага, моря — всё это в совокупности образует государственный водный фонд России.

Водные ресурсы любой страны принято оценивать двумя основными величинами: ежегодным объёмом стока всех рек и статическими запасами пресных вод в водоёмах и подземных источниках. Российские реки несут десятую часть ежегодного мирового речного стока — 4,4 тыс. км<sup>3</sup> воды в год. По объёму речного стока наша держава занимает второе место в мире после Бразилии с её многочисленными реками, где только одна Амазонка, величайшая река мира, несёт в океан пятую часть всей пресной воды земного шара — более 6 тыс. км<sup>3</sup> в год.

По водообеспеченности на одного человека Россия занимает третье место после Бразилии и Канады. На каждого россиянина приходится ~30 тыс. м<sup>3</sup> воды в год (~78 м<sup>3</sup> в сутки). Для сравнения: на одного жителя Европы приходится в 6 раз меньше. При этом всё население России не достигает и 3% общей численности населения земного шара.

Водных ресурсов России хватит, чтобы напоить водой всё человечество. Водное изобилие накладывает на нашу страну особую ответственность за сохранение этого важнейшего природного ресурса. Без России не мог вступить в силу Киотский

протокол — первое глобальное соглашение об охране окружающей среды. Без участия нашей страны не могут рассматриваться вопросы мирового масштаба, связанные с водопотреблением и состоянием водных ресурсов.

Запасы воды на территории России  
и периоды их возобновления

Водный объект	Запас воды, км <sup>3</sup>	Период возобновления, годы
Большие озёра.	24 855	120
Болота	1520	5
Почвогрунты	6430	1
Подземные воды верхней части земной коры	2 874 124	1400
Полярные ледники	13 470	9700
Ледники горных районов	133,1	1600
Подземные льды зоны многолетней мерзлоты	17 178	10 000
Наледи речных и подземных вод	84,8	1 и более
Вода в руслах крупных рек	116,5	Несколько дней
Биологическая вода	130	Несколько часов
Атмосферная влага	180	8 дней

## Издавека долго...

Основой государственного водного фонда являются реки. Всего по территории России протекает 2,5 млн рек общей протяжённостью 8 млн км. Основная часть стока, около 95%, формируется на территории нашей страны. Остальные 5%, или 235 км<sup>3</sup>/год, формируются за её пределами, к ним относятся Иртыш, притоки Амура и Селенги и некоторые другие, берущие начало в соседних странах. Протяжённость свыше 500 км имеют 214 рек — это всего 0,008% общего числа рек России; протяжённость от 100 до 500 км имеют 2833 реки (0,01%); и почти 95% общего количества рек имеют длину менее 25 км. Ниже приведены некоторые характеристики крупнейших рек России.

Характеристики крупнейших рек России

Река	Площадь бассейна, тыс. км <sup>2</sup>	Протяжённость, км	Средний многолетний сток воды в устье, тыс. м <sup>3</sup> /с
Обь (с Иртышом)	2990	3650	397
Енисей	2580	3490	577
Лена	2490	4400	533
Амур	1855	2820	355
Волга	1360	3530	245
Колыма	647	2130	103
Дон	422	1870	21,6
Инди́гирка	360	1726	50,2
Северная Двина	357	744	105
Печора	322	1810	108
Нева	231	74	78,4
Яна	238	872	34,9
Кубань	57,9	870	11,7

Речной сток распределён крайне неравномерно. Большая часть территории России представляет собой бассейн Северного Ледовитого океана, куда впадают три самые крупные реки: Енисей, Лена, Обь. Восточная окраинная часть России принадлежит к бассейну Тихого океана: здесь протекают сравнительно небольшие реки, но есть и очень крупные, такие как Амур, Анадырь, Усури. Суммарно на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов приходится 85% ресурсов поверхностных вод. К рекам бассейна Атлантического океана относятся Нева и Западная Двина, которые впадают в Балтийское море. Крупнейшие реки центральной части страны — Волга, Днепр, Дон, Кубань - относятся к бассейнам внутренних морей - Каспийского и Чёрного. Такое распределение стока не соответствует распределению населения и размещению производительных сил: в бассейнах Каспийского и Чёрного морей, где проживает 2/3 населения России, формируется менее 10% стока. В результате водообеспеченность одного жителя страны меняется более





*Красота российских рек*

чем в сто раз: от 2,7 тыс. м<sup>3</sup> в год в Центрально-Чернозёмном районе до 297 тыс. м<sup>3</sup> — в Дальневосточном. При этом именно на юге европейской территории страны развито орошаемое земледелие — крупнейший потребитель воды. Поэтому забор воды из Волги, достигающий 43 км<sup>3</sup>/год, уменьшает естественный годовой сток Волги на 10-12%. А водозабор из таких рек, как Дон, Кубань, Терек, достигает 30—40% стока.

В формировании облика рек активно участвуют климат, геологическое строение, рельеф, почвенный покров, растительность. В питании рек разных регионов в неодинаковой степени принимают участие сезонные снега, дожди, а также подземные воды, вечные снега и ледники, что предопределяет разный характер колебаний стока. Преобладающий тип питания рек определяет степень неоднородности распределения водных ресурсов в течение года. Питание рек Европейской части России, а также большинства рек Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока происходит в основном

талыми водами, поэтому около 70% речного стока проходит за 2—3 месяца тёплого времени года. Именно в наиболее вододефицитных районах наблюдается сильнейшая неоднородность стока: большая часть воды проходит в весеннее половодье. В этом отношении наиболее острое положение наблюдается в южных районах, например в пограничных с Казахстаном областях, где до 90% стока рек приходится на период весеннего половодья.

Распределение речного стока с территории России по бассейнам морей

Море	Естественный средний многолетний сток, км <sup>3</sup> /год	Распределение по бассейнам морей, %		
		Речной сток	Площадь водосбора	Население
Каспийское	285	7	10	49
Чёрное	65	2	4	17
Балтийское	105	3	2	6
Белое, Баренцево	415	11	7	3
Карское	1320	34	33	20
Прочие моря Северного Ледовитого океана	1000	25	31	1
Берингово, Охотское, Японское	700	18	13	4

Суммарные ресурсы речного стока страны изменяются от года к году незначительно, в пределах 5—10%. Колебания же стока в бассейнах отдельных рек более значимы, они зависят от географического положения бассейна и площади водосбора. У малых рек сток колеблется сильнее, чем у крупных. В бассейнах Волги, Дона, Печоры, Северной Двины сток в многоводные годы превышает норму в 1,5—2 раза, а в маловодные годы снижается до 0,5—0,7 нормы. На крупнейших реках Сибири сток в многоводные годы составляет 1,2—1,3 нормы, а в малово-

дние — 0,7—0,8. Наибольшие колебания стока наблюдаются на реках засушливых районов Прикаспийской низменности, где в многоводные годы сток по сравнению со средним увеличивается до 2—4 раз, а в маловодные падает почти до нуля. В целом даже на крупных реках приходится считаться с возможностью того, что гарантированный сток может оказаться меньше среднего до 1,5—2 раз. При этом если многоводные годы случаются, как правило, не более 2—3 лет подряд, то маловодные периоды могут продолжаться 5—6 лет и более.

Характерное внутригодичное распределение стока рек России

Район	Сезонный сток, % годового		
	весна	лето-осень	зима
Южное Заволжье, Южное Приуралье	90-95	4-8	1-2
Восточная Сибирь	70-80	15-25	<5
Север европейской территории страны (кроме озёрных рек)	55-65	25-35	10-20
Запад и юго-запад европейской территории страны	30-50	30-35	20-35
Западная Сибирь	45-55	35-45	<10
Крайний Север и северо-восток Сибири	40-50	45-55	<5
Дальний Восток, Камчатка, Яно-Индигорский район, Забайкалье	30-40	55-65	<5

Кратковременные колебания водности чаще всего бывают обусловлены погодными условиями — выпадением ливневых дождей, изменением температуры воздуха (особенно это заметно в горных районах), геологическими процессами (например, подпруживанием рек в результате горных обвалов или, наоборот, прорывом обломков горных пород скопившимися у края ледника талыми водами). Изменения водности рек могут быть вызваны попусками в нижний бьеф водохранилищ. Внутригодовые изменения режима рек обладают определённым

ной периодичностью, связанной с изменением условий питания реки. Внутри года выделяют следующие закономерно повторяющиеся фазы водного режима: половодье, паводок и межень.

Для европейской части России характерно весеннее половодье в результате таяния снега. В отличие от половодья паводки случаются нерегулярно, могут быть вызваны ливневыми дождями или таянием снега во время оттепелей, а потому гораздо менее предсказуемы, могут случаться в течение года многократно, иногда накладываются на волну половодья. Именно паводки



*Половодье*

приводят к неожиданным катастрофическим последствиям, с жертвами и разрушениями. Своеобразен водный режим рек Якутии: небольшой снежный покров весной не тает, а испаряется, и весеннее половодье выражено слабо. Летом же в период дождей по рекам проходят сильные паводки.

Период стояния низких уровней на реке называют меженью.

Эта фаза, как и половодье, повторяется в определённые сезоны года. На многих реках России выделяют две межени — летнюю и зимнюю. В эти периоды сток рек формируется исключительно за счёт подземных вод. В летнюю межень некоторые реки могут пересыхать от недостатка влаги, в суровую зиму - промерзать до дна, либо их питание прекращается за



*Межень*

счёт замерзания грунтовых вод. Такая картина характерна для Сибири, где перемерзают даже такие крупные реки, как Яна и Индигирка.

Спецификой водного режима характеризуются устья рек — зоны взаимодействия речных и морских (озёрных) вод. К главным речным факторам относят сток реки и нано-

сы. Влияние рек, впадающих в море, проявляется прежде всего в опреснении морских вод. Такие реки, как Обь, Енисей и Лена, заметно опресняют северные моря: у берегов солёность составляет 10‰ при средней солёности Мирового океана 34—36‰.

В результате стока и отложения наносов в устьях рек формируются дельты — низкие, периодически затопливаемые земли, расчленённые густой, постоянно меняющейся сетью водотоков (рукавов, проток) и водоёмов (озёр, лиманов, лагун, болот), богатые животным и растительным миром. Устья рек имеют большое хозяйственное значение. Ведущими отраслями являются водный транспорт, орошаемое земледелие, рыболовство. Ввиду большого биологического разнообразия в речных дельтах создаются заповедники и национальные парки. Из российских рек самыми обширными дельтами обладают Лена (32 тыс. км<sup>2</sup>), Волга (11 тыс. км<sup>2</sup>), Терек (9 тыс. км<sup>2</sup>), Яна (7 тыс. км<sup>2</sup>). В некоторых дельтах могут наблюдаться спонтанные прорывы потоком своего русла с изливом воды в пониженную часть дельты.

В устьевых областях рек может проследиваться влияние морских приливов и проникновение морских солёных вод вверх по течению рек. Такие нагонные наводнения типичны для Невской губы. Так, из-за ветровых нагонов под напором балтийских волн русло Невы переполняется, уровень воды поднимается, грозя наводнением. Борьба с такими проявлениями природы весьма сложно. Единственный на сегодняшний день выход — строительство защитных дамб с системой шлюзов и водопропускных отверстий, способных сдерживать натиск стихии.

Неожиданный результат дали исследования Государственного гидрогеологического института: в конце XX — начале XXI века произошло увеличение водных ресурсов страны на 7,5% по сравнению с серединой XX века. Наибольший вклад в это изменение, как полагают учёные, внесли климатические изменения, повлекшие за собой более интенсивную циркуляцию атмосферы, повторяемость атлантических циклонов, рост зимних атмосферных осадков. Увеличение стока отмечено в Центральном (27%), Уральском (19%), Волго-Вятском (15%) и Северо-Западном (14%) экономических районах. Для Северного, Дальневосточного и Восточно-Сибирского экономических

районов увеличение составило 6,3 и 2% соответственно. Величина стока в Северо-Кавказском и Западно-Сибирском районах практически не изменилась.

## Гляжу в озёра синие...

Россия богата озёрами, их насчитывается более 2 млн, они различаются размерами, происхождением, возрастом, характером водообмена и т. д., однако примерно 90% этого количества представляют собой мелководные водоёмы площадью менее 1 км<sup>2</sup> и средней глубиной не более 1,5 м.



*Селигер*

Наибольшая озёрность, то есть отношение общей площади озёр к площади суши, присуща увлажнённым районам древнего оледенения — Кольскому полуострову, Карелии, северо-западу европейской части нашей страны, а также Западно-Сибирской низменности. В России площадь озёр занимает 2,2% территории страны. В них сосредоточено около 27 тыс. км<sup>3</sup> пресной воды. Образование крупнейших по площади и по объёму воды озёр связано с крупнейшими тектоническими прогибами земной коры на равнинах — это Ладожское и Онежское озёра; местом крупных тектонических разломов — озеро Байкал. Некоторые озёра из-за их значительных размеров называют морями — таковым является Каспийское. При этом около 92% всего объёма озёрной воды России содержат в себе 8 крупнейших озёр.

### Крупнейшие озёра России

Озеро	Площадь, км <sup>2</sup>	Объём, км <sup>3</sup>	Наибольшая глубина, м
Байкал	31 400	23 000	1636
Ладожское	17 700	908	230
Онежское	9630	295	127
Псковско-Чудское	3550	25	15
Ханка	4190	18,5	10,6
Таймыр	4560	13	26
Белое	1290	5,2	20
Чаны	2500	4,3	10

Озёра используют в качестве источников водоснабжения населения, промышленности, сельского хозяйства. Многие озёра России используются для промышленного рыболовства. Например, рыбопродукция озёр Ильмень и Псковско-Чудского составляет 30—40 кг с одного гектара водной поверхности.

**На долю Байкала** приходится около 87% запасов воды всех пресных озёр России и более 25% всех пресных озёр мира. Чтобы осмыслить эту цифру, приведём такой пример. Для заполнения Байкальской впадины все реки России должны приносить в неё свою воду шесть лет!



*Воды Байкала уникальны по прозрачности*

Существуют озёра, образованные подпруживанием рек лавой, обломками породы, пеплом, например Кроноцкое озеро на Камчатке. Ледниковые озёра часто встречаются в горах и связаны с деятельностью отступившего ледника.



*Кроноцкое озеро*



*Эфемерные озёра в горах*



*Подземное озеро*

На Западном и Центральном Кавказе в границах России встречается множество мелких озёр, которые регулярно, но ненадолго появляются в одних и тех же местах, — их называют эфемерными.

Подземные озёра обязаны своим происхождением растворению поверхностными и подземными водами таких горных пород, как гипс, доломит, известняк. В результате образуются пустоты и пещеры, которые постепенно заполняются водой. Такого рода озёр много на Кавказе, Урале, Крымском полуострове.

Многообразны озёра речного происхождения: они могут быть связаны с образованием стариц, появляться в результате горных обвалов или прохождения селей. Многие озёра являются своеобразными регуляторами речного стока, снижают высоту половодий и паводков, обеспечивают защиту территорий от затопления и подтопления, создают условия для равномерного внутригодового распределения речного стока.

По характеру водного баланса выделяют сточные и бессточные озёра. В первом случае излишки воды, поступающей с атмосферными осадками, речным или подземным стоком, формируют вытекающую из озера реку. Частным случаем являются проточные озёра, через которые осуществляется транзит речных вод, например Чудское и



Псковское озёра на реке Великой. Бессточные озёра расходуют поступающую в них воду на испарение, просачивание или искусственный водозабор. Во множестве такие озёра расположены в засушливых районах. Воды для образования речного стока здесь, как правило, бывает недостаточно, поэтому он может быть временным или отсутствовать совсем. Вода бессточных озёр имеет повышенное содержание растворённых солей, в некоторых из них солёность на порядок выше, чем в морях и океанах. Например, в озёрах Эльтон и Баскунчак солёность воды составляет 200—300‰, в то время как в Индийском океане в среднем 34,7‰.

Крошечные бессточные прозрачные озерки — лампы или ламбушки — во множестве встречаются в Карелии.

Уровень и соответственно объём воды в озёрах постоянно колеблется в зависимости от климатических условий, притока речных вод, величины выпадающих осадков. Примером многолетних колебаний служит изменение уровня Каспийского моря, который на протяжении последних 700 тыс. лет менялся от —140 до +50 м. Изменение уровня воды — важнейшая характеристика режима озера, определяющая возможность хозяйственного использования его ресурса, эффективность использования водного транспорта, надёжность промышленного и коммунального водоснабжения, подачу воды на орошение.

Вода в озере пребывает в постоянном движении, перемешивается благодаря действию ветра, впадающих и вытекающих из озера рек. Этот процесс может охватывать как всю толщу воды, так и только поверхностные слои. Перемешивание способству-



*Солёное озеро Эльтон -  
российское Мёртвое море*



*Ламбушка*

ет распределению растворённых газов, в том числе кислорода, по глубине водоёма, питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности водных организмов. При недостаточном перемешивании в придонных слоях озёр в результате разложения органических веществ образуется сероводород, придающий воде неприятный запах и ухудшающий качество воды. Отсутствии восполнения кислорода ведёт к гибели рыбы. В то же время перемешивание может способствовать выносу из донных отложений так называемых биогенных элементов (соединений азота и фосфора), усиливающих развитие фитопланктона и определяющих степень цветения воды. Устойчивость к перемешиванию в водоёме определяют вертикальное распределение температуры и степень минерализации: более холодные воды и воды с более высоким содержанием минеральных веществ обладают большей плотностью, вследствие чего опускаются и

остаются в придонных слоях.

Каждому озеру присущи такие стадии жизненного цикла, как рождение, развитие, старение и угасание. На начальном этапе в озере содержится очень мало питательных веществ, поэтому развитие растительных и животных организмов происходит медленно или практически отсутствует.



*Заболачивание озера*

По мере обогащения водной толщи питательными веществами появляются высшие водные растения, развивается фито- и зоопланктон — кормовая база для рыб. По берегам появляются заросли камыша, рогоза и других макрофитов, привлекающих птиц и околководных животных. Дальнейшее продуцирование органического вещества ведёт к перенасыщению верхних слоёв водоёма кислородом за счёт фотосинтеза; отмирание органики в осенний период приводит к недостатку кислорода в придонных слоях. Возникают заморные явления, происходит бескислородное разложение органических веществ с выделением сероводорода. Конечная стадия развития озера — болото. Продолжительность и интенсивность этого процесса индивидуальны и зависят от целого ряда природных факторов. Существен-

но ускорить старение озёр может хозяйственная деятельность человека. Прежде всего это относится к сбросу сточных вод, содержащих биогенные элементы, а также смыву удобрений с сельскохозяйственных угодий.

## **Всяк кулик своё хвалит**

Болота возникают либо в результате зарастания водоёма, либо по причине заболачивания суши. Первое характерно в основном для умеренного пояса. Во втором случае при избыточном увлажнении и наличии понижения местности создаются предпосылки для застойного водного режима и накопления органического вещества. Отсутствие хорошего дренажа, преобладание осадков над испарением — главные природные факторы заболачивания участков суши. Болота на берегах рек, озёр и морей могут образовываться в результате периодического заполнения понижений рельефа поверхностными водами во время приливов, паводков и др. Подтопление земель может быть вызвано и искусственными причинами. К ним относятся создание водохранилищ, возведение насыпей, дамб, строительство дорог, орошение — все те причины, которые ведут к изменению сложившегося на данной территории режима грунтовых вод и подъёму их уровней.

Все существующие болота условно подразделяются на два основных типа: заболоченные земли, не имеющие явно выраженного торфяного слоя, и собственно торфяные болота. К заболоченным землям относятся многие типы болот, встречающиеся во всех природных зонах: травяные болота в арктической тундре, засоленные болота полупустынь и пустынь, пресноводные тропические болота сезонного увлажнения, приморские болота (марши), солёные мангровые болота и многие другие. Торфяные болота встречаются, как правило, в тундре, лесной зоне, лесостепи. Этот вид болот лучше всего изучен и наиболее часто встречается в нашей стране.

В целом в болотах нашей страны сосредоточено около 3 тыс. км<sup>3</sup> воды — это ещё один запасник пресных вод. Общая площадь торфяных болот составляет 0,6 млн км<sup>2</sup>, а с учётом заболоченных земель — около 1 млн км<sup>2</sup> (37% площади всех болот мира или 5,9% территории нашей страны). Наибольшая забо-

лоченность присуща Западной Сибири: в северной части она достигает 50%, а в некоторых районах доходит до 70%. Запас воды в болотах этого региона составляет 1 тыс. км<sup>3</sup>. Большие пространства, покрытые болотами, расположены в пределах Ханты-Мансийского административного округа — 20,6 млн га, Республики Саха (Якутия) — 19,9 млн га, в Таймырском административном округе — 11,0 млн га. Значительные площади болот располагаются на европейском севере России, где в среднем они составляют 15—20% территории.

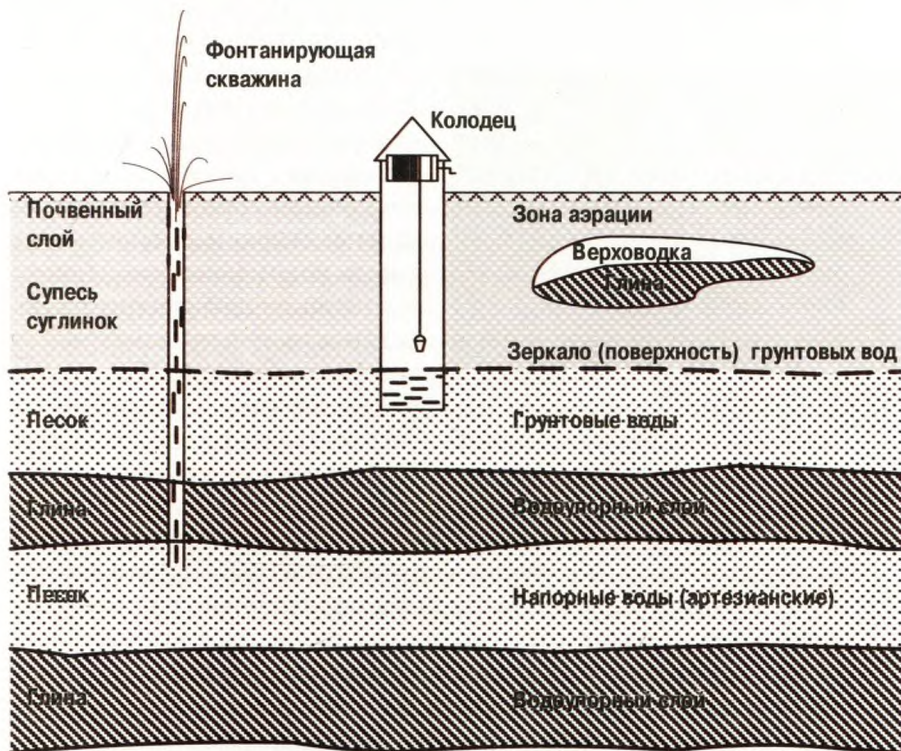
Болота регулируют речной сток. Вследствие того что с их поверхности испаряется огромное количество воды, с заболоченных земель в реки поступает в среднем меньше стока, чем с сопредельных незаболоченных территорий. Чем дальше на юг, тем сильнее становится это различие. Таким образом, мероприятия по осушению болот должны привести к уменьшению испарения и увеличению стока воды с осушенного массива. Неправильно спланированные мероприятия по осушению заболоченных территорий могут вызвать отрицательные экологические и экономические последствия. Считается, что болота поглощают влагу, образовавшуюся в процессе снеготаяния, и тем самым снижают максимальные уровни воды в дренирующих их реках в период весеннего половодья. Болота оказывают влияние на качество воды, насыщая её большим количеством органических соединений и придавая специфический «болотный» запах и цвет. Попадая в реки, такие воды препятствуют развитию высшей водной растительности.

Болота имеют большое хозяйственное значение. Содержащийся в них торф используют в качестве топлива, удобрений, как химическое сырьё (из него вырабатывают аммиак, дёготь и другие продукты). Используют торф и в качестве подстилки скоту. Известно, что торф способен накапливать химические вещества. Благодаря этому болотные массивы могут использоваться для очистки сточных вод и играют роль водоохраных барьеров по отношению к нижерасположенным водным объектам. Несмотря на то что болотные воды содержат большое количество органических соединений и обладают повышенной цветностью, по всем остальным показателям они, как правило, приемлемы для хозяйственно-бытового использования (естественно, после соответствующей очистки).

## Из недр земных

Подземные воды пронизывают практически всю толщу земной коры. Земные недра содержат воду в жидком, твёрдом (в виде льда) и парообразном состоянии. Подземные воды участвуют в питании практически всех рек и большинства озёр. Более того, именно им реки обязаны своим существованием. Величина подземных вод, ежегодно дренируемых речным стоком, суммарно по России оценивается в 788 км<sup>3</sup>. В этом отношении подземные воды косвенно являются частью поверхностных водных ресурсов.

Объём подземных вод до глубины 3 км составляет около 23 млн км<sup>3</sup>, а до глубины 5 км — эта величина уже оценивается в 60 млн м<sup>3</sup>. По некоторым данным, суммарный объём воды, содержащейся в земной коре, не меньше, чем в Мировом океане.



Подземные воды

Для широкого использования наиболее доступны грунтовые воды, залегающие на первом водоупорном слое. Они образуются в результате фильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод (рек, каналов, озёр и т. д.) через почву и грунт, конденсации водяного пара, а также проникновения из более глубоких слоёв. Разгружаются грунтовые воды в виде родников, путём фильтрации в русла рек и ложа водоёмов, в результате испарения и перетекания в нижерасположенные горизонты. Расстояние от поверхности земли до зеркала грунтовых вод называется глубиной залегания, а от зеркала грунтовых вод до водоупорного пласта — мощностью водоносного горизонта. Ввиду близкого залегания от поверхности земли именно на них более всего сказывается хозяйственная деятельность человека.

Грунтовые воды, а также воды так называемой верховодки, которая формируется над местным водоупором, вскрываются колодцами. До сих пор этим источникам отводится важная роль в водоснабжении сельского населения России.



*Артезианский фонтан*

Ниже грунтовых вод располагаются напорные воды, которые залегают в водопроницаемых породах, образуя несколько горизонтов, перекрытых сверху и подстилаемых снизу водоупорными слоями. Их питание происходит за десятки и сотни километров от места накопления. Наклонное расположение водоносных

слоёв обуславливает гидростатическое давление, поэтому при выходе на поверхность через скважины вода может подниматься выше уровня поверхности земли, нередко образуя фонтан. Такую воду называют артезианской по имени французской провинции Артуа, носившей в древности название Артезия, где в 1126 году впервые в Европе была получена фонтанирующая вода.

Все перечисленные типы вод могут своеобразно проявлять себя в условиях трещиноватых пород горных массивов, а также в районах многолетней мерзлоты и современного вулканизма. Так, например, аналогом артезианских вод в условиях много-

летнемёрзлых грунтов будут воды, расположенные между слоями мёрзлого грунта. Процессы промерзания и оттаивания пород в таких условиях могут вызвать изменение режима питания и разгрузки подземных вод и стать причиной появления бугров пучения, наледи и проч. В частности, наледи, образующиеся изливающейся на поверхность подземной водой, характерны для Сибири и севера Дальнего Востока. В некоторых городах Крайнего Севера они нередко встречаются прямо на улицах. В наледях аккумулируется значительная доля подземной воды, что резко снижает речной сток зимой. В тёплый период года таяние наледей способствует повышению речного стока. Такое перераспределение стока необходимо учитывать при оценке ресурсов подземных вод.

Прорывы подземных вод наблюдаются при строительстве метрополитенов, шахт и тоннелей, добыче ископаемых. Выходы пресных подземных вод встречаются не только на суше, но и в акваториях морей. Известны, например, выходы подземных вод на дне Чёрного моря у побережья России.

В результате деятельности подземных вод формируются полезные ископаемые и многие формы рельефа. Подземные воды остаются наиболее перспективным источником водоснабжения как в нашей стране, так и во всём мире. Во многих странах они служат главным, а в некоторых случаях и единственным источником пресной питьевой воды. Доля подземной воды в питьевом водоснабжении таких стран, как Австрия и Дания, составляет 100%, Греция и Бельгия — более 60%, для России в целом эта величина составляет около 45%.

Кроме питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, воды подземных водоносных горизонтов используются в сельском хозяйстве — для орошения и водопоя скота; в промышленности; в бальнеологии (минеральные воды); как источник добычи многих микроэлементов, например йода, брома, таких веществ, как поваренная соль и борная кислота. Термальные воды используются в теплоэнергетике — как теплоноситель и источник получения электроэнергии. Примером в России может служить Мутновская геотермальная электростанция на Камчатке.

На территории Российской Федерации разведано 3,9 тыс. месторождений подземных вод: 2,5 тыс. — на европейской

территории страны и 1,4 тыс. — на азиатской. Статические запасы подземных вод России оцениваются в 28 тыс. км<sup>3</sup>, эксплуатационные ресурсы — около 317 км<sup>3</sup>/год. В целом по России извлекается около 30 млн м<sup>3</sup> воды в сутки (не более 11 — 12 км<sup>3</sup>/год). Из них 16,3%, или 6,2 млн м<sup>3</sup>/сут, практически не используется. Это так называемые воды и водоотливы, которые сопутствуют добыче твёрдых полезных ископаемых. Большая часть изымаемой подземной воды — 64,2% используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и посёлков, 16,6% идёт на техническое водоснабжение, оставшиеся 1,1% поступают на орошение земель и обводнение пастбищ.

Распределение субъектов Российской Федерации  
по степени извлечения подземных вод

Субъект Федерации	Степень извлечения разведанных запасов, %
Кировская, Вологодская, Архангельская, Воронежская, Иркутская, Костромская, Курганская, Ярославская, Нижегородская, Новосибирская, Омская, Астраханская области, Дагестан, Ставропольский и Хабаровский края	<10
Владимирская, Волгоградская, Ивановская, Кемеровская, Магаданская, Новгородская, Орловская, Псковская, Самарская, Саратовская, Тюменская, Ульяновская, Читинская области, Алтайский и Приморский края, Бурятия, Кабардино-Балкария, Карелия, Коми, Марий-Эл, Удмуртия, Чечня, Ингушетия, Чувашия	11-20
Калининградская, Калужская, Камчатская, Курская, Ленинградская, Оренбургская, Ростовская, Рязанская, Сахалинская, Тверская, Томская области, Башкирия, Калмыкия, Якутия	21-30
Амурская, Белгородская, Брянская, Липецкая, Московская, Пермская, Смоленская, Тамбовская области, Краснодарский и Красноярский края, Мордовия, Северная Осетия, Тува	31-40
Челябинская область	41-50
Мурманская, Пензенская, Свердловская, Тульская области, Татарстан	>50



Наибольшее количество подземных вод, с общим запасом 632 114 тыс. м<sup>3</sup>/сут, сосредоточено в Западно-Сибирском, Дальневосточном, Восточно-Сибирском и Северном экономических районах и составляет около 73% суммарного объёма запасов по 12 экономическим районам России.

Больше половины месторождений подземных вод на европейской территории России (около 55%) — маломощны, их эксплуатационные запасы не превышают 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Однако существует более сотни крупных месторождений — с эксплуатационным запасом более 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут каждое. Наибольшим количеством таких месторождений обладают Нижегородская, Тверская, Московская, Воронежская области, Республика Башкортостан, Краснодарский край. Причём последние четыре субъекта характеризуются и наибольшим отбором подземных вод.

Распределение запасов подземных вод  
по экономическим районам Российской Федерации

Экономический район	Запасы, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Общее использование, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Степень использования, %
Северный	90 078	509,8	0,6
Северо-Западный	27 795	768,7	2,8
Центральный	50 063	83 373,0	1,7
Волго-Вятский	23 297	1332,8	5,7
Центрально-чернозёмный	23 979	3232,1	13,5
Поволжский	30 292	3460,9	11,4
Северо-Кавказский	34 876	4742,1	13,6
Уральский	48 248	5533,2	11,5
Западно-Сибирский	265 548	4472,5	1,7
Восточно-Сибирский	117 192	2608,0	2,2
Дальневосточный	159 296	180,0	1,1
Калининградская об. л.	580	235,9	40,7
Всего по Российской Федерации	871 244	37 033,0	4,2

В азиатской части страны одним из главных факторов, определяющих пополнение подземных вод и, следовательно, лимитирующих их эксплуатационные ресурсы, является повсеместное распространение многолетней мерзлоты. Количество крупных месторождений с водными ресурсами, превышающими 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в этом регионе в два раза меньше, чем в европейской части страны. Наибольшее количество разведанных крупных месторождений расположено на территории Иркутской и Новосибирской областей, Ханты-Мансийского автономного округа, Республик Бурятия и Саха (Якутия). Наибольшим отбором подземных вод, который превышает 1 млн м<sup>3</sup>/сут, характеризуются Алтайский и Красноярский края, Челябинская, Кемеровская и Свердловская области. В последних двух субъектах велика доля водоотливов в общей структуре водоотбора, составляющая 64 и 53% соответственно, то есть большая часть отбираемой воды не используется.

## В царстве Снежной королевы

Ещё одним запасником пресных вод являются ледники. Условно их подразделяют на две большие категории: покровные и горные. В России основная масса покровных ледников сосредоточена на арктических островах. Как правило, они



*Купалообразный ледник*

имеют куполообразную форму. Самые крупные ледники расположены на островах Новая Земля (24 300 км<sup>3</sup>), Северная Земля (17 470 км<sup>3</sup>), Земля Франца-Иосифа (13 700 км<sup>3</sup>). Наибольшие площади горного оледенения характерны для Кавказа (свыше 1400 ледников), Камчатки, Алтая, севера и северо-востока Сибири.

Горные ледники служат индикаторами климатических изменений: при потеплении, как это становится всё более заметным в настоящее время, ледники отступают.

Образование ледников — достаточно длительный процесс. В холодные периоды года на ряде обширных пространств пла-

неты происходит накопление снега, формируются снежки. С каждым годом снега накапливается всё больше и больше, и, кристаллизуясь, он превращается в лёд. Условную границу на поверхности Земли, где в течение многих лет идёт накопление снега и где он успевает растаять, называют снеговой линией. Такая граница хорошо видна в тёплый период года. Её высотное положение меняется с широтой местности: у полюсов она спускается до уровня моря, а в субтропиках поднимается до высоты 6500 метров. Помимо чисто климатических особенностей существуют и другие благоприятные причины образования ледников: высотность и форма рельефа, ориентация горных хребтов по отношению к направлению переноса воздушных масс, экспозиция склонов.

Для каждого ледника можно выделить две области: область аккумуляции, где идёт накопление снега и льда, и область расхода, где лёд из верхней зоны постепенно тает. У покровных ледников расход льда происходит в виде откалывающихся от основного массива айсбергов, влекомых течениями и путешествующих по океаническим просторам.

Перемещение границы ледника может быть связано и с непосредственным движением самой массы льда. Наблюдательный Марк Твен заметил, что ледник — «это замёрзшая река, залегающая в долине между горами». Лёд действительно обладает пластичностью и способен течь вниз по склону под собственным весом. Скорости движения горных ледников невелики и мало меняются в течение года, составляя 100—200 м в год. У покровных ледников скорости выше и могут составлять от сотен метров до нескольких километров в год.



Отдельной группой стоят так *Горный ледник* называемые пульсирующие ледники, скорости которых в отдельные непродолжительные периоды могут резко увеличиваться до нескольких сотен метров в сутки. Остальную часть времени их скорости движения невелики. К таким ледникам относится ледник Колка на Северном Кавказе, катастрофиче-

ская подвижка которого в 2002 году уничтожила посёлок Нижний Кармадон.

В целом медленное и незаметное на первый взгляд движение ледников производит огромную эрозионную и рельефообразующую работу. Ледники переносят обломочный материал горных пород, выпахивают целые долины, полируют поверхность скал.

Большое практическое значение ледников заключается в многолетнем и сезонном регулировании стока рек. Ледники служат источниками питания многих рек, хотя общий их вклад не превышает 1% речного стока, или 412 км<sup>3</sup>/год. Однако у тех крупных рек, истоки которых расположены в покрытых ледниками горах, доля ледникового питания может составлять 10—15%, а у малых рек доходит до 50—60%.

Россия обладает значительным водно-ресурсным потенциалом. Это достояние необходимо сберечь для будущих поколений.

# ДЕЛА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ



# НАПРАВИМ БУРНЫХ ВОД ТЕЧЕНИЕ...

*Огонь силён, вода сильнее огня,  
человек сильнее воды.*  
Русская пословица

## Рукотворная география

Вода в природе распределена крайне неравномерно: в одних районах земного шара её избыток, в других — дефицит. В многоводные годы, половодья и паводки воды, как говорится, «хоть залейся», и большая часть её не используется, а в межень воды не хватает. Поэтому с давних пор человек стремился перераспределить этот важнейший для жизни ресурс во времени и пространстве, искал практические пути изменения сложившихся природных закономерностей. Возможность перераспределения воды во времени, то есть между многоводными и маловодными периодами как внутри года, так и в продолжение нескольких лет, с тем чтобы исключить нехватку воды даже во время долговременных засух, появилась благодаря созданию искусственных, иначе говоря рукотворных или техногенных, водоёмов с необходимым запасом воды. Такими водоёмами стали пруды и водохранилища.



*Усадебный пруд*

Пруды — самые простые искусственные водоёмы, обычно небольшого размера и мелководные. Они появились ещё в глубокой древности и служили преимущественно для орошения, устройства водяных мельниц, разведения рыбы, водопоя скота. В усадьбах знати декоративные пруды вместе с

малыми архитектурными формами и скульптурой становились неотъемлемой частью садово-паркового ландшафта. При подъёме уровня выше порога водосбросного устройства происходит слив воды из прудов. При необходимости пруды могут быть полностью опорожнены.

Водохранилища — это искусственные водоёмы, образованные водоподпорными сооружениями — плотинами, гидроузлами — на реках для накопления и хранения значительных масс воды. По своим гидрологическим и гидрохимическим особенностям водохранилища близки к озёрам, но имеют существенные отличительные особенности, главной из которых является возможность управления водным и гидрохимическим режимом путём регулирования стока. Для этого на гидроузлах имеются водоводы и водосбросы, оборудованные затворами, манипулирование которыми



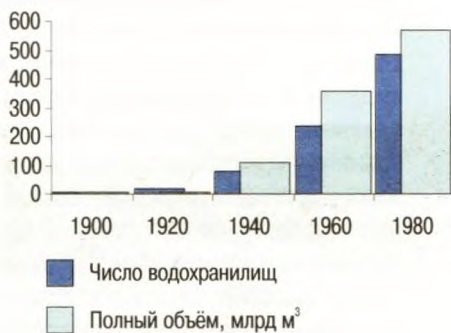
*Саяно-Шушенская ГЭС*

осуществляется в соответствии с графиком наполнения и сработки полезного объёма водохранилища: для накопления воды сброс уменьшают, в период сработки — увеличивают.

Водохранилища — молодые водоёмы. Хотя известны водохранилища, построенные ещё в древнейшие времена, их интенсивное строительство началось в XX веке, и уже к середине столетия эти водные объекты стали привычным элементом большинства природных ландшафтов. Наиболее интенсивное строительство водохранилищ во всех странах наблюдалось в период между 1950 и 1970 годами.

В отличие от Северной Америки, Западной и Центральной Европы гидроэнергетическое строительство в России происходило на крупнейших реках

осуществляется в соответствии с графиком наполнения и сработки полезного объёма водохранилища: для накопления воды сброс уменьшают, в период сработки — увеличивают.



*Рост числа и объёмов водохранилищ в Европе и Северной Америке в XX веке*

в наиболее густонаселённых и промышленно развитых регионах. В настоящее время в России эксплуатируется более 2200 водохранилищ и прудов с объёмами более 1 млн м<sup>3</sup> каждый. Водоохранилища обеспечивают работу более 80 ГЭС суммарной установленной мощностью 43,4 ГВт и ежегодной выработкой в среднем 172,6 млрд кВтч электроэнергии.

Сравнительные размеры крупнейших водохранилищ

Водоохранилище	Река	Объём, км <sup>3</sup>	Площадь, км <sup>2</sup>	Длина, км	Максимальная глубина, м
Братское	Ангара	169,7	5467	1020	150
Красноярское	Енисей	73,3	2000	388	101
Усть-Илимское	Ангара	58,9	1922	290	97
Куйбышевское	Волга	57,3	5900	510	41
Бухтарминское	Иртыш	53,0	5500	500	60
Вилуйское	Вилюй	35,9	2176	460	69
Волгоградское	Волга	31,5	3117	524	41
Рыбинское	Волга	25,4	4550	112	28

Трудно переоценить значимость водохранилищ для водоснабжения городского населения страны. Источником водоснабжения крупнейших городов — Москвы, Нижнего Новгорода, Самары, Ростова-на-Дону, Екатеринбурга, Перми, Челябинска, Волгограда, Владивостока, Новосибирска, Иркутска, Краснодара и т. д. служат водохранилища либо регулируемые ими участки рек в нижних бьефах (то есть ниже плотин) гидроузлов. Практически все они являются одновременно объектами водной рекреации и любительского лова рыбы. Малые водохранилища и пруды используются сегодня в основном в зонах недостаточного увлажнения с целью сохранения весенних вод местного стока.

Любой техногенный водоём, водохранилище или пруд — это результат конструктивной географии, в идеале — с решением вопросов управления процессами формирования качества воды, интенсификации процессов самоочищения, разработки гидрологических и биологических методов повышения устойчивости



водной экосистемы к антропогенному загрязнению. Равно как парковая архитектура создаёт экологически более устойчивые к антропогенным нагрузкам ландшафты по сравнению с естественными лугами и лесами, так и искусственные водоёмы обладают большей экологической устойчивостью к антропогенному воздействию в сравнении с реками и озёрами.

При создании водохранилища гидрохимический режим в нём устанавливается не сразу. После затопления органическая часть всего, что оказалось под водой (лес, луга, пашни, болота, бывшие населённые пункты), начинает разлагаться. Происходит формирование новых грунтов дна, изменяется состав воды, увеличивается её цветность и окисляемость, появляются привкусы, увеличивается количество бактерий, образующихся на затопленных почвах и территориях бывших населённых пунктов. Новый химический состав воды формируется в течение нескольких лет, пока происходит распад органического вещества и режим водохранилища стабилизируется.

Поскольку водохранилища служат целям водоснабжения, при проектировании наряду с расчётом водного режима, составляется прогноз будущего химического состава воды и его изменения.

Оценки специалистами последствий сооружения водохранилищ разноречивы. С одной стороны, очевидно, что водохранилища позволяют наилучшим способом регулировать речной сток, тем самым обеспечивается работа предприятий гидроэнергетики и многих других отраслей водного хозяйства — коммунально-бытового и промышленного водоснабжения, водного транспорта, орошения. Важнейшим социально значимым положительным последствием является предотвращение как катастрофических наводнений, так и маловодья, затрудняющего водоснабжение и орошение. Так, крупнейшее половодье 1908 года в бассейне Волги оставило без крова около 50 тыс. жителей; в Москве в тот же год площадь затопленной территории, в основном в Замоскворечье, достигла 1400 га. Трудно представить размеры социальной и экономической катастрофы при повторении подобных половодий на Волге и Москве-реке в наши дни, от которых население теперь защищено каскадом водохранилищ. С другой стороны, сооружение водохранилищ сопровождается потерей пойменных земель и необходимостью

переселения людей из зон затопления, подтопления и обрушения берегов. Негативным экологическим последствием является смена видового состава рыбного населения в затопленных водохранилищами озёрах и реках, нарушение миграции проходных, как правило, наиболее ценных видов рыб. Сооружение водохранилищ ГЭС вызывает замедление водообмена в 4—5 раз, а в отдельных речных системах — до 30—60 раз, что проявляется в уменьшении скорости течения воды и связанного с ним турбулентного перемешивания. По существу, водохранилища — это огромные отстойники с замедленным водообменом и скоростью течения, где происходит увеличение осадкообразования. При этом в донных осадках аккумулируются не только природные взвеси, но и загрязняющие вещества, грозящие вторичным загрязнением воды. Этот аспект исключительно важен при решении задач надёжного водоснабжения населения. Следствием уменьшения водообмена становится снижение самоочищения воды из-за ухудшения условий её насыщения атмосферным кислородом. Однако несомненно и то, что насыщению воды кислородом в водохранилищах способствуют интенсивное ветроволновое и конвективное перемешивание водных масс, а также фотосинтез водных растений. Эти встречные процессы, присущие водоёмам замедленного водообмена, играют первостепенную роль в самоочищении.

Создание водохранилищ вызывает изменение микроклимата. Возрастает испарение с большей по площади поверхности зеркала воды. Создаются условия для заметного увеличения влажности и изменения температуры воздуха на побережье. Происходит усиление скорости ветров, увеличивается их повторяемость. Для промышленных зон и городов, расположенных вблизи водохранилищ, такие изменения ветрового режима способствуют улучшению воздушной среды.

Экологически положительное климатическое влияние водохранилищ на окружающую среду отчётливо выражено в верхних бьефах (то есть выше плотин) гидроузлов. Раньше прекращаются весенние заморозки; осенью благодаря отепляющему влиянию на побережье удлиняется безморозный период. Так, на берегах Рыбинского водохранилища весенние заморозки кончаются на 2—10 дней раньше, а осенние начинаются на 4—15 дней позже, чем вне зоны микроклиматического влияния

водоёма. В условиях резко континентального климата Якутии на берегах Вилюйского водохранилища продолжительность безморозного периода возросла вдвое — с 49 суток в воздухе и 44 суток на почве до 106 и 83 суток соответственно. Благодаря возведению плотины Иркутской ГЭС ушли в прошлое страшные зимние наводнения в Иркутске при зажорных подъёмах уровня воды в Ангаре.

Термические и динамические особенности рек в нижних бьефах ГЭС способствуют полному насыщению воды кислородом (зимой — через открытую водную поверхность в полынье, летом — благодаря большей растворимости кислорода в холодной воде), что имеет несомненно положительное экологическое значение в отношении зимовки рыб и интенсификации процессов самоочищения воды. Вместе с тем увеличивается влажность окружающего воздуха и вероятность морозных туманов.

Может возникнуть вопрос: нужно ли строить новые водохранилища? Совершенно очевидно, что их не следует создавать в заповедных ландшафтах, где важно сохранить для будущих поколений в естественном состоянии флору и фауну. И в то же время следует признать водохранилища необходимым элементом речных систем в регионах, где природная среда уже сильно трансформирована промышленным и сельскохозяйственным производством. Здесь водохранилища нужны не только для повышения надёжности водообеспечения и защиты от наводнений, но и для улучшения экологического состояния и качества воды в загрязняемых водных объектах, для защиты водных биоценозов от последствий непредсказуемых техногенных аварий. Сохранение и умножение водных и биологических ресурсов водохранилищ, улучшение с их помощью экологического состояния рек России — актуальная природоохранная и водохозяйственная задача.

Пространственная неравномерность распределения водных ресурсов регулируется путём создания гидротехнических систем переброски речного стока. Ещё в глубокой древности люди научились строить каналы — водотоки с руслом правильной формы и безнапорным движением воды. По сути, это искусственные реки, которые, однако, отличаются от природных рядом особенностей: постоянством сечения русла по длине, возможностью регулирования гидравлических характеристик,

определённостью температурных условий. С помощью работы перегораживающих сооружений систему канала можно привести либо к условиям, близким к речным, либо к условиям неглубоких слабопроточных водохранилищ. По назначению различают: оросительные, дренажные, обводнительные, для водоснабжения городов, для отвода городских сточных вод и др. Самое важное хозяйственное значение имеют судоходные каналы, соединяющие реки, или спрямляющие морской путь, или позволяющие обходить опасные для судоходства места на реках и озёрах.

Древнейшие судоходные каналы были построены более 4 тыс. лет назад в Китае в виде искусственных проток параллельно рекам.

Первая попытка устроить искусственный водный путь между реками, ныне принадлежащими России, была сделана во второй половине XVI века — между Иловлей, притоком Дона, и Камышенкой, притоком Волги. Самыми известными судоходными системами, созданными в нашей стране до революции, в состав которых



*Мариинская водная система*

вошли соединительные и обходные каналы, являются: Мариинская, Тихвинская, Вышневолоцкая, Днепровско-Бугская, Обь-Енисейская.

Строительство судоходных каналов было продолжено в советское время, в 1930-х годах. Первым в этом ряду стал Беломоро-

Балтийский канал, соединивший Белое море и Онежское озеро с возможностью выхода в Балтийское море. С экономической точки зрения канал не был значительным успехом: из-за мелководности, составлявшей примерно 3,6 м, канал часто не использовался. В 1970-х годах была проведена его реконструкция, в ходе ко-



*Беломоро-Балтийский канал*

торой гарантированная глубина была доведена до 4 м, и сегодня канал входит в состав Единой глубоководной системы европейской части России.

Исключительно важным по значению и следующим по времени создания стал канал, соединивший Волгу и Москву-реку. К началу 1930-х годов река Москва настолько обмелела, что напротив Кремля её можно было перейти вброд. В 1937 году волжская вода по искусственному водному пути длиной 128 км пришла в столицу. Канал Москва—Волга явил собой яркий



*Канал имени Москвы*

пример комплексного решения нескольких крупнейших водохозяйственных задач, главной из которых стало водоснабжение столичного региона. Благодаря каналу уровень воды у Кремля поднялся почти на 3 м, и прежде безводная, удалённая от «большой воды» столица стала «портом пяти морей»: по природным и искусственным водным путям корабли могут плыть до Каспийского, Балтийского, Чёрного, Азовского и Белого морей. Канал помог жителям столицы забыть слова «наводнение» и «половодье». Служит канал и такой важной хозяйственной цели, как энергоснабжение: на его восьми водохранилищах работают электростанции. В 1947 году в честь 800-летия столицы канал получил имя Москвы.

Канал имени Москвы — это уникальное, грамотно спроектированное и построенное сооружение, высоко надёжное. Более 2,5 км<sup>3</sup> волжской воды ежегодно поступает в столицу, обеспечивая 55—60% потребностей. Кроме того, волжская вода наполняет русла рек Москвы и Яузы, которые несут своей воды лишь 10—15%. Система управления водными потоками на канале полностью автоматизирована, что заметно облегчает эксплуатацию гидросооружений. Канал имени Москвы не только обеспечил столице статус города, прожившего уже более 70 лет без забот о воде, он стал ещё и украшением Подмосковья, любимым местом отдыха.



*Волго-Донской канал*

В 1930-х годах началось строительство ещё одной искусственной водной артерии — через волжско-донской водораздел, но его осуществлению помешала война. Завершить проект удалось только в 1952 году. Длина Волго-Донского канала составляет 101 км, из них 41 км проходит по рекам и водохранилищам. Глубина — 4 метра.

В послевоенные годы был построен 1100-километровый водный путь, связавший Волгу (а значит, и Каспий) с Балтикой, а также целый ряд менее масштабных каналов — Большой Ставропольский, Терско-Кумский, Кубань-Егорлыкская обводнительная система и др.

## **Водно-транспортная глобализация**

Все вышеназванные каналы сегодня входят в действующую на европейской территории России Единую глубоководную систему, которая, как планируется, должна стать частью Транспортно-энергетической водной системы Евразии. Предполагается, что совсем в недалёком будущем все главные водно-транспортные артерии Евразийского континента будут соединены каналами в единую сеть, в том числе все российские крупные и средние реки будут зарегулированы водохранилищами, а их гидроэнергетический потенциал введён в эксплуатацию.

Одним из первоочередных объектов Транспортно-энергетической водной системы Евразии в России планируется строительство второй линии Волго-Донского канала.

Предполагается, что новая транспортная артерия позволит кардинальным образом улучшить судоходное сообщение между Каспийским и Чёрным морями и, следовательно, даст выход прикаспийским государствам в Чёрное и Средиземное моря, а значит, — в Мировой океан. Реализация проекта позволит увеличить грузопоток по Волго-Дону как минимум в три раза.



*Планируемые водно-транспортные артерии*

Среди учёных, однако, есть серьёзные опасения, что строительство канала Волго-Дон-2 нанесёт непоправимый экологический ущерб. Поскольку основное предназначение канала — транспортировка каспийской нефти, это создаст угрозу разливов нефти в Азовском, Чёрном и Эгейском морях, через акватории которых пойдёт нефтяной поток, в то время как экосистемы этих морей чрезвычайно уязвимы. В связи с мелководностью Азовского моря планируется в качестве продолжения канала построить также глубоководный канал через акваторию Азовского моря для прохода крупнотоннажных танкеров, что ещё больше подорвёт экосистему моря. Негативные последствия ожидают экосистемы рек Кумы, Терека, Дона и Кубани, не имеющих избытка водных ресурсов, но вода которых предполагается к заполнению канала. Его создание

угрожает особо охраняемым природным территориям, входящим в Кавказский экорегион, признанный одним из наиболее важных для сохранения биологического разнообразия в мировом масштабе.

Существует и второй проект — под названием «Евразия», который призван соединить Каспийское море с Азово-Черноморским бассейном. Проект представляется более выгодным с экономической точки зрения, так как предусматривает выход в Чёрное море, минуя Азовское, по территории Краснодарского края, а также будет иметь вдвое меньшую протяжённость и втрое большую грузопропускную способность, нежели вторая нитка Волго-Дона. «Евразийский» проект даст мощнейший импульс развитию Калмыкии, Дагестана, южных районов Ставрополя и других субъектов Южного федерального округа.

В то же время защитники природы предрекают катастрофические экологические последствия в случае реализации проекта «Евразия» — масштабное засоление, подтопление и заболачивание почвы. Однако экологи, занимающиеся по заданию правительства сравнительным анализом экологических последствий обоих вариантов, пока ещё не сказали окончательного «нет». Понятно, что ни одно техногенное вмешательство без последствий для окружающей природы не обходится, весь вопрос в том, где меньше ущерба и какие средства потребуются для устранения негативных воздействий. Предстоит выбрать наиболее оптимальный вариант с учётом долговременных интересов хозяйственного развития и опыта уже существующих и долгие годы эксплуатируемых техногенных водных систем.

Наступивший XXI век обещает стать веком решительной реконструкции природных объектов — наши современники реально могут стать очевидцами реализации фантастических глобальных проектов. Тем более важно не допустить принятия решений, которые спровоцируют новые технические и экологические катастрофы, загрязнение окружающей среды, заложником которых сам же человек и окажется.



# ЧЕЛОВЕК ВИНОВЕН

*Человечеству не угрожает недостаток воды.  
Ему грозит нечто худшее - недостаток чистой воды.*

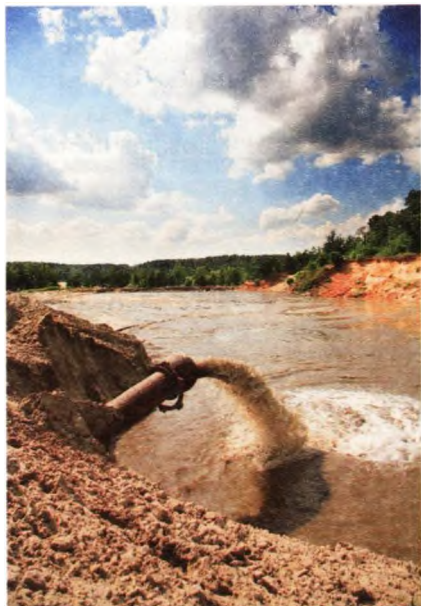
Н.Н. Горский

## У воды не остаться бы без воды

Сегодня всё более острой проблемой становится ухудшение качества природных вод и состояния водных систем в результате антропогенной деятельности. Данные государственного мониторинга свидетельствуют, что современное техногенное вмешательство в круговорот воды близко к критическому уровню, превышение которого может вызвать необратимые процессы деградации, исчерпание природных источников и существенно повлиять на географическое распределение атмосферных осадков.

Природные водные объекты в нынешних условиях являются не только водоисточниками, но также служат приёмниками сточных вод. Длительное использование экологически несовершенных технологий в промышленности и сельском хозяйстве, сброс недостаточно очищенных коммунальных стоков, сток с территорий сельскохозяйственных угодий удобрений, ядохимикатов и минеральных солей сформировали антропогенное звено круговорота воды в природе.

Практически все поверхностные источники водоснабжения подвергаются воздействию вредных антропогенных загрязнений. Так, на протяжении ряда лет степень загрязнённости поверхностных вод бассейна Дона на отдельных участках характеризуется в диапазоне от «умеренной» до «чрезвычайно высокой». Качество воды в большинстве водных объектов бассейна Волги не отвечает нормативным требованиям. Степень загрязнённости Оби характеризуется в диапазоне от «допустимо загрязнённой» до



*Загрязнение природных водоёмов  
сточными водами продолжается*

«чрезвычайно высокой». Хронически высок уровень загрязнённости реки Томь — одного из самых крупных и загрязнённых притоков Оби. Река Иртыш относится к максимально загрязнённым водным объектам Омской и Тюменской областей. Загрязнённость вод Верхнего и Среднего Енисея по комплексу определяемых показателей в большинстве створов

оценивается как «высокая» и «чрезвычайно высокая», Амура — в диапазоне от «допустимой» до «высокой». В связи с загрязнённостью непригодна для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения вода в Неве, Оке, Урале, вода многих озёр. Перечень можно продолжить... Общей закономерностью является усиление загрязнённости речных вод от верхнего к нижнему течению. Практически исчерпаны возможности безвозвратного водоотбора в бассейнах рек Кубань, Дон, Терек, Урал, Исеть, Миасс и ряда других. Неудовлетворительное качество воды в водных объектах

обусловлено тем, что до нормативов очищается только около 10% сточных вод, нуждающихся в очистке. Кроме того, значительное количество загрязняющих веществ поступает в водные объекты с поверхностным стоком. Основную проблему создают города — их неочищенные канализационные стоки, потоки дождевой и талой воды с улиц, дворов, заводских территорий.

## Загрязнения, какие они?

Различают три вида загрязнений природных вод: физическое, химическое и биологическое.

Под физическим понимается прежде всего тепловое загрязнение вследствие сброса подогретых вод, например в результате охлаждения оборудования на тепловых и атомных электростанциях. Тепловое загрязнение вызывает нарушение природного температурного режима, зарастание водоёмов водорослями, уменьшение содержания кислорода, гибель рыбы. К физическому загрязнению относят также радиоактивные загрязнения и изменение содержания взвешенных веществ (мутности) при сбросе сточных вод, нарушении состояния природных ландшафтов, например при сельскохозяйственном использовании или промышленном и жилищном строительстве.

Химическое загрязнение возникает в результате попадания различных химических веществ и соединений. Их многообразие чрезвычайно широко. Так, ежегодно в атмосферу, водоёмы и водотоки поступают десятки миллионов тонн органических соединений — в результате испарений, потерь и неполного сгорания органического топлива, в виде бытовых и промышленных жидких, твёрдых и газообразных отходов и т. д. Многие из них распадаются за сравнительно короткий срок, 10—100 дней, с образованием промежуточных продуктов, более токсичных, чем исходные вещества, и тогда экосистема водного объекта подвергается вторичному химическому загрязнению. Особую опасность представляют биологически стойкие трудноокисляемые органические соединения, способные накапливаться и в течение длительного времени оказывать токсическое воздействие на живые организмы.

Ежегодно в окружающую среду вносятся миллионы тонн пестицидов, часть которых со стоками попадает в водные объ-

екты. Даже очень малые концентрации пестицидов придают воде неприятные привкусы и запахи. Но главное — пестициды токсичны. Многие из них разрушаются очень медленно, иногда в течение нескольких десятков лет. Они опасны не только для живых организмов водных объектов, но и для человека, поскольку их токсическое воздействие проявляется даже при микроконцентрациях (долях микрограммов в литре). Значительная часть стойких загрязнений поступает в водные объекты с промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми сточными водами.

Стремительное внедрение новых технологий во всех видах производства привело к появлению в последнее время новых видов химических токсикантов. Большую озабоченность общественности за рубежом и в нашей стране вызывают вещества, используемые при производстве лекарственных и косметических средств, гормональные препараты, обнаруживаемые в воде водоисточников. Употребление человеком воды, содержащей микроконцентрации гормонов и антибиотиков, может приводить к появлению устойчивых штаммов микроорганизмов, негативно влияя на гормональный фон человека.

Производство ракетного топлива и использование отдельных его компонентов в промышленности привело к загрязнению подземных и поверхностных вод нитрозодиметиламином (NDMA). Отдельные процессы очистки воды также могут приводить к образованию этого высокотоксичного, канцерогенного вещества, предельно допустимая концентрация которого составляет, по данным американского агентства EPA, 7 нг/л ( $7 \cdot 10^{-9}$  г/л).

**Многие озёра Земли**, а точнее - живые организмы, обитающие в их водах, находятся на грани гибели. Самым ярким примером экологи считают африканское озеро Виктория. За последние четверть века исчезло более половины из 400 видов обитавших там рыб. Причина - сливаемые в озеро промышленные отходы. Они не только губят живые организмы, но и способствуют размножению определённого типа водорослей, которые, опускаясь на дно, разлагаются и превращают «нижние этажи» озера в мёртвую зону.

Человеческая жизнедеятельность оказывает на окружающую среду многостороннее влияние. При этом могут выявляться факты, предсказать последствия которых заранее невозможно. Так было в своё время с хлорорганическими веществами, пе-

стицидами, диоксинами и другими ксенобиотиками, то есть чужеродными для живых организмов химическими веществами, прямо или косвенно порождёнными хозяйственной деятельностью человека. Ксенобиотики могут стимулировать аллергические реакции и снижение иммунитета, негативно влиять на наследственность, нарушать обмен веществ и естественный ход природных процессов в экосистемах.

Развитие аналитических методов обнаружения различных соединений, как правило, приводит к пополнению списка показателей, контролируемых в питьевой и природной воде.

Особую группу химических загрязнений составляют нефтепродукты, попадающие ежегодно в водные объекты при транспортировании нефти, в результате аварий, потерь горючего плавсредствами, остальные поступают с городскими и промышленными стоками. Многие фракции нефти токсичны. В водной среде нефтепродукты образуют плёнку, которая взаимодействует с естественной поверхностной плёнкой, увеличивая её толщину, препятствуя газообмену с атмосферой и ухудшая условия фотосинтеза. Одна тонна нефти в течение 6—7 суток может при растекании покрыть поверхность воды, равную 20 км<sup>2</sup>. Легколетучие компоненты, составляющие до 25% общей массы, испаряются за несколько дней. Средние фракции нефти, смешиваясь с водой, образуют ядовитую эмульсию, оседающую на жабрах рыб. Тяжёлые фракции выпадают на дно водоёма, вызывая токсические отравления фауны, гибель рыб.

К стойким химическим загрязнениям со специфическими токсическими свойствами относятся тяжёлые металлы. Тройку наиболее экологически опасных составляют свинец, ртуть и кадмий. Более 35 элементов, относящихся к металлам, извлекается в составе руд и органического топлива из недр земли. В процессе переработки руд, сжигания энергоносителей и потребления металлов промышленностью огромные их количества поступают в атмосферу и водные объекты в виде отходов. Например, в Мировой океан из атмосферы ежегодно поступает 200 тыс. т свинца. Антропогенное накопление ртути в гидросфере к настоящему времени оценивается в 1 млн т. Поступление кадмия в биосферу составляет 5 тыс. т в год. Многие тяжёлые металлы обладают высокой физико-химической активностью в водной среде и способны образовывать так называемые синергетиче-

ские смеси, которые оказывают на водные организмы токсическое воздействие, значительно превышающее сумму действий отдельных компонентов.

К заморам, а при длительном действии — к заболачиванию водных объектов или их участков приводят биогенные вещества, в больших количествах попадающие в водоёмы с бытовыми и промышленными сточными водами, из атмосферы (оксиды азота), а также вследствие вымывания минеральных и органических удобрений из почвы.

Отдельную группу химических загрязнений составляют неорганические соли. Несмотря на малую токсичность, всё возрастающее накопление их в природных пресных водах создаёт ряд серьёзных экономических и экологических проблем: увеличение затрат на водоподготовку на электростанциях и промышленных предприятиях, уменьшение запасов пресной воды, пригодной для полива сельскохозяйственных угодий, ухудшение условий нереста рыбы, ухудшение качества питьевой воды и т. д. Основными источниками поступления солей в водоёмы являются дренажные сельскохозяйственные воды, промышленные сточные воды, в том числе продувочные воды систем водоснабжения, регенерационные растворы и промывные воды установок водоподготовки электростанций и др.

Направление развития современной человеческой цивилизации, порождающей всё большее количество искусственно синтезируемых веществ, требует опережающего развития технологий водоподготовки на многие десятилетия вперёд. При этом можно наблюдать отчётливую тенденцию смены приоритетов от загрязнений природного происхождения в первой половине XX века к антропогенным, то есть порождённым самим человеком, в его второй половине.

Биологическое загрязнение создаётся микроорганизмами, часто болезнетворными. В водную среду они попадают с неочищенными сточными водами, в результате смыва загрязняющих веществ с поверхности грунта и с территорий животноводческих ферм, а также рекреационного использования водного объекта.

Поступление загрязняющих веществ может быть мгновенным (например, в результате залпового сброса, при авариях танкеров и других судов, авариях на очистных сооружениях, во время сильных ливней) и непрерывным — постоянным или периодическим.

Источниками загрязнения могут быть сточные и ливневые воды, сток с сельскохозяйственных угодий, урбанизированных территорий, атмосферные осадки вследствие загрязнения атмосферы промышленными выбросами. Значительное влияние на состояние водных объектов оказывают вторичные источники загрязнения — донные отложения, фильтрация из подземных горизонтов, а также продукты химических реакций между компонентами естественной водной среды и антропогенными веществами. В хозяйственно освоенных районах Российской Федерации накоплены сотни миллионов тонн донных отложений, которые представляют значительную экологическую опасность.

Несмотря на некоторое снижение поступления загрязняющих веществ со сточными водами в последние годы, в России мало регионов, где качество воды имеет тенденцию к улучшению. В бассейнах больших рек качество воды то улучшается, то снова ухудшается, появляются новые загрязняющие вещества. Практически все реки России подвержены антропогенному воздействию, для многих из них возможности существенного изъятия воды для хозяйственных нужд исчерпаны. Вода многих российских рек загрязнена и непригодна для употребления человеком.

## Вода стерпит, но не всё

Более всего восприимчивы к антропогенному воздействию малые реки. Их главная особенность — тесная связь с ландшафтом бассейна, поэтому они легко уязвимы при чрезмерном использовании водных ресурсов, при освоении водосбора. Вырубка лесов и неумеренная распашка прилегающих территорий приводят к значительному уменьшению поверхностного и подземного грунтового стока воды в малые реки. Особенно пагубна распашка склонов, балок, оврагов, при которой нарушается эрозионная устойчивость почвы и значительная её часть смывается в реки. Происходит их заиление, загрязнение, засорение, обрушение *Здесь когда-то была река*





*Малые водоёмы  
нуждаются в помощи*

берегов. Сток малых рек, особенно в европейской части России, снизился более чем наполовину, а тысячи малых рек по вине человека и вовсе прекращают своё существование. Охрана малых рек, восстановление их водности и чистоты является серьёзнейшей проблемой.

В плачевном состоянии находятся небольшие пруды близ населённых пунктов, берега которых завалены мусором.

Негативное воздействие на водные объекты, и малые, и большие оказывает глобальное потепление, вызванное сжиганием, особенно в последние два столетия, угля, нефти и метана. Глобальное потепление в достаточно обозримом будущем

может вызвать необратимые экологические последствия, в том числе и в нашей стране, несмотря на значительные запасы пресных вод. В первую очередь произойдёт нарушение гидрологических систем, определяющих сам факт доступности воды, без которой невозможна жизнь. Колебания количества осадков и температуры приведут к изменению стока рек. Существует высокая степень достоверности увеличения стока на 10—40% к середине нынешнего столетия в более высоких широтах и, наоборот, уменьшение на 10—30% в южных, особенно засушливых регионах в результате уменьшения осадков. Повышение температуры также окажет воздействие на физические, химические и биологические характеристики пресноводных озёр и рек, при этом пагубные воздействия испытают многочисленные пресноводные биологические виды, изменится видовой состав и качество воды.

Ожидается, что широкомасштабные потери ледниковой массы и сокращение снежного покрова, наблюдающиеся в последние десятилетия, будут происходить более быстрыми темпами, уменьшая водообеспеченность, потенциал для выработки гидроэлектроэнергии и изменяя сезонный характер водных потоков.

В мировом масштабе, согласно прогнозам британского Центра по изучению горных массивов, самая высокая в Африке



гора Килиманджаро лишится своей ледяной шапки к 2020 году, а ледники на севере Америки могут растаять к 2030 году. Ускоряющееся таяние горных ледников, в которых сосредоточено порядка 75% мировых запасов пресной воды, уже сегодня ставит под угрозу водоснабжение населённых пунктов и существование многих биологических видов. Доля воды из ледников в реках, которые берут начало в горных областях, доходит до 95%. Таяние ледников приведёт сначала к массовым наводнениям, а затем к тому, что единственным источником пресной воды ряда регионов мира останутся атмосферные осадки.

Между тем, по прогнозам, ускоряющееся таяние арктических льдов, также вызванное глобальным потеплением, приведёт к повышению уровня Мирового океана. Ещё до конца века на дне морей могут оказаться Париж, Лондон, Рим, Нью-Йорк, а в нашей стране — Санкт-Петербург. К концу XXI века повышение уровня моря может оказать негативное воздействие на низменные прибрежные районы. Ожидается увеличение суровости и повторяемости штормов и затопления прибрежных территорий, которое усугубит нехватку водных ресурсов вследствие засоления источников подземных вод. В ряде стран, в том числе в России, подъём уровня моря приведёт к потерям пресной воды в дельтах рек.

Ожидается, что изменение частоты и интенсивности экстремальных метеорологических явлений наряду с повышением уровня моря окажут негативные воздействия на человечество — снижение качества воздуха в городах, повышенный риск смертности из-за жары, снижение доступности пресной воды.

Наука предупреждает: если резко не сократятся выбросы парниковых газов, стимулирующих глобальное потепление, мир рискует оказаться перед лицом «углеродного лета». Приблизительно 20—30% биологических видов будут обречены на вымирание в том случае, если усиление глобального потепления превысит 1,5—2°C относительно 1980—1999 годов. В случае если повышение глобальной средней температуры превысит 3,5°C, на всём земном шаре может исчезнуть 40—70% биологических видов.

Многие из областей, испытывающих сейчас водный стресс, будут иметь ещё меньше воды, например Африка, где уменьшение осадков и рост температур может вызвать кризис про-

изводства продовольствия и поставить перед угрозой голода ещё 75—125 млн человек. В других регионах Земли, например в Южной Азии, наоборот, сбои в сезонности муссонов могут привести к обильному выпадению осадков, водные потоки станут менее предсказуемыми и будут больше подвержены риску критических изменений.

Долгосрочные прогнозы динамики водообеспеченности, исходящие из демографических прогнозов и предположения о неизменности объёма доступных водных ресурсов, неутешительны. Водообеспеченность в мире в расчёте на одного человека в начале XXI века уменьшилась в сравнении с 1970 годом почти вдвое, однако к 2050 году следует ожидать её дальнейшее снижение ещё в полтора раза. На самом деле ситуация может оказаться гораздо менее благоприятной при стабильном приросте населения, если не удастся переломить тенденцию ухудшения качества воды в природных источниках по антропогенным причинам.

Несмотря на то, что в настоящее время выбросы соединений углерода значительно сократились, их скопление в атмосфере грозит миру серьёзными климатическими изменениями. Остановить научно-технический прогресс невозможно, но человек должен помнить, что существует предел адаптации природных систем, переходить который нельзя, за которым неизбежны не просто болезни людей, а вымирание цивилизации. Загадочная на первый взгляд китайская пословица учит: «Если мы не изменим курс, то можем прийти туда, куда направляемся». Однако, подумав над смыслом пословицы, согласимся: если мы не изменим направление движения и будем продолжать варварское отношение к природе, то действительно придём туда, куда направляемся, — к необратимой экологической катастрофе.

# ВОДА ПРОСИТ ЗАЩИТЫ

*Все законы писати, когда их не исполняют.*  
Русская пословица

## Экскурс в историю

Водное законодательство имеет богатую многовековую историю. Начало правового регулирования водных отношений восходит к временам развития искусственного орошения в Древнем Египте, первых государствах Ближнего Востока и Центральной Азии. В Древнем Риме кодексом императора Юстиниана (527—565) предусматривался порядок использования рек, их классификация, права береговых владельцев, земельных собственников на подземные воды и несудоходные водотоки и т. д.

В средневековой Европе особые права на судоходство по определённым рекам были привилегией феодалов, а также влиятельных городов. В пользу короля и феодалов взимались многочисленные водные налоги и пошлины за судоходство, переправу на паромов, рыбную ловлю, проезд на заставах. В той или иной мере водным правом регулировались строительство и эксплуатация крепостных рвов, дамб, плотин и т. д.

Технический прогресс, урбанизация и связанное с этим развитие водного хозяйства привели к созданию самостоятельной отрасли водного права. Многие государства (США, Франция, Италия, Скандинавские страны) поощряли привлечение частного бизнеса на основе концессии к масштабным гидроэнергетическим и мелиоративным работам. В XX веке в государствах Европы и Северной Америки принимаются и действуют специальные законы по отдельным видам водных ресурсов, объектам, основным видам водопользования (водоснабжение,

водный транспорт), по борьбе с различными видами загрязнений водных объектов и охране береговых зон. Интенсивно и успешно развиваются бассейновые механизмы управления водным хозяйством, относительно водных платежей действует общеевропейский принцип «вода платит за воду». Важной задачей правового регулирования становится сокращение гидротехнического строительства и ограничение хозяйственного использования рек и озёр в целях предотвращения наводнений, а также поддержания или возвращения естественного состояния водоёмов и водотоков. С принятием в декабре 2000 года Европейским Союзом «Рамочной директивы по воде», вобравшей в себя все современные подходы к управлению водными ресурсами, интенсифицировался процесс гармонизации европейского водного законодательства, а также решение вопросов комплексного управления водными ресурсами.

История российского водного законодательства во многом специфична. В Российской империи правовое регулирование водных отношений отличалось разобщённостью и неполнотой: отдельные документы появлялись по мере необходимости и требования обстоятельств. Согласно разъяснениям Правительствующего Сената, естественные водные объекты (реки и озёра) не считались предметом права собственности. Законодательство защищало интересы прибрежных землевладельцев, от которых зависело строительство каналов и выполнение водохозяйственных работ.

Советское водное право утвердило исключительно государственную форму собственности на водные объекты. Планирование водного хозяйства, преимущественно бесплатное, бессрочное либо длительное водопользование, было подчинено задачам масштабного гидротехнического строительства, мелиорации и ирригации. При этом природоохранные требования не были детальными и неполно реализовывались, что послужило одной из причин экологических проблем.

В 1993 году с принятием Конституции Российской Федерации были созданы условия для реформирования отношений в области использования и охраны природных ресурсов. Позже для реализации Основного Закона был принят Водный кодекс Российской Федерации 1995 года, который не раз изменялся и дополнялся. На его основе были приняты Федеральные законы:

«О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации» (1998), «О безопасности гидротехнических сооружений» (1997) и др. С утверждением и развитием в России рыночных отношений было разработано новое водное законодательство. 1 января 2007 года вступил в действие новый Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 года № 74-ФЗ.

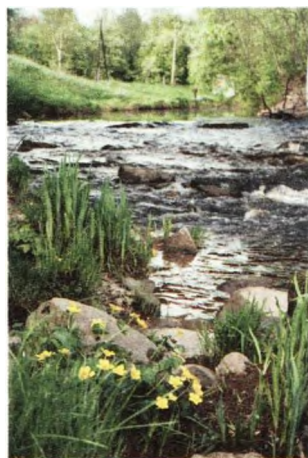
## Для воды закон не писан?

В настоящее время в России водное законодательство исчерпало позитивный потенциал и стало выступать тормозом развития отрасли, его недостатки привели к существенному ослаблению роли государства в управлении водными ресурсами и снижению уровня защиты водных объектов.

В основе российского законодательства лежит специфика воды как естественного природного оборотного ресурса: вода забирается из водоисточников, очищается до нормативов питьевой воды, используется, восстанавливается и возвращается в природные водные объекты. Как предмет правового регулирования вода выступает в виде природного ресурса (водные объекты), а также как предмет потребления (питьевая вода) и хозяйственного оборота (водоснабжение и водоотведение). В совокупности определяется комплексный характер правового регулирования отношений в водной сфере.

Российское законодательство рассматривает в качестве природных ресурсов только поверхностные и подземные воды, поскольку атмосферные воды, поступающие с осадками, в России для водоснабжения не используются.

Бережное отношение к природным богатствам, основным из которых является вода, — обязанность граждан России, и это определено главным законом страны — Конституцией Российской Федерации. Согласно Конституции, водные ресурсы



*Вместе с землёй  
и воздухом вода окружает  
человека*

могут находиться в частной, государственной, муниципальной и иных формах собственности. Вопросы владения, пользования и распоряжения водными ресурсами находятся в совместном ведении Российской Федерации и её субъектов. Организация водоснабжения и водоотведения осуществляется органами местного самоуправления в границах конкретного населённого пункта.

Отношения, связанные с использованием и охраной водных объектов, регулируются Водным кодексом Российской Федерации. В нём сформулированы основные принципы водного законодательства, дана классификация водных объектов, определены полномочия органов государственной власти и органов местного самоуправления в области водных отношений, виды и порядок водопользования, требования к охране водных объектов, ответственность за нарушение законодательства. Однако новый Водный кодекс не внёс действенного вклада в охрану водных ресурсов, оставив нерешёнными ряд серьёзных проблем, а некоторые из них ещё более усугубил, в их числе:

нормативы сброса загрязняющих веществ в водные объекты. Водный кодекс определяет требования к сбросу на уровне предельно допустимых концентраций, установленных для водных объектов рыбохозяйственного назначения независимо от состояния водного объекта. Это означает, что водопользователь обязан очищать сточную воду даже лучше, чем питьевую, поскольку рыбохозяйственные нормативы выше, чем нормативы качества питьевой воды, а затем сбрасывать её в водоём, качество воды которого во много раз хуже, а кроме того, ещё и включать дополнительные расходы по экологическим платежам в тарифы на услуги водоснабжения и водоотведения;

предоставление водных объектов в пользование на основании гражданско-правовых договоров вместо лицензирования. Водным кодексом установлена так называемая плата по договору водопользования — неналоговый платёж, который в отличие от налогов законодательно урегулирован недостаточно и может привести к злоупотреблениям;

сокращение водоохраных зон водохранилищ с минимальных 300—500 м, в зависимости от площади их акватории, до фиксированных 50—200 м, в зависимости от ширины водо-

охранных зон водотоков, на которых они находятся. Разрешено размещение и строительство хозяйственных и иных объектов в водоохраных зонах. Земли, расположенные в их пределах, выведены из категории земель водного фонда. В результате наблюдается устойчивый рост незаконного отвода земель в водоохраных зонах. Неконтролируемая застройка, использование земель в промышленных целях в итоге может привести к масштабной экологической катастрофе;

содержание водных объектов. Согласно Водному кодексу, водные объекты, используемые в целях питьевого водоснабжения, находятся в федеральной собственности. В то же время ответственность за обеспечение населения услугами водоснабжения и водоотведения возложена на местные органы власти, которые не имеют правовых оснований для принятия решений по финансированию и реализации природоохранных мероприятий на федеральных объектах.

Кроме Водного кодекса, отношения, связанные с охраной водных объектов, регулируются природоохранным законодательством: Федеральным законом Российской Федерации от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» поверхностные и подземные воды отнесены к объектам охраны окружающей среды. Закон и соответствующие нормативные акты устанавливают плату за сброс загрязняющих веществ в водные объекты, определяют требования по их сохранению при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов энергетики, объектов сельскохозяйственного назначения и др. Вопросы охраны водных ресурсов также регулируются законодательством о недрах, земельным и лесным законодательствами, законодательством о промышленной безопасности.

Зарубежный опыт демонстрирует иной подход. Рамочной водной директивой, которая лежит в основе водного законодательства ЕС, принятого в 2000 году, поставлена цель достижения стандарта качества воды к 2015 году, включая экологический стандарт по защите флоры и фауны.

Ранее водное законодательство ЕС было нацелено только на утверждение пределов допустимых концентраций загрязнений. Теперь действие Директивы распространяется на любой водный объект — будь то грунтовые воды, озеро, река или даже ручей, —

и каждый рассматривается в качестве базовой единицы. При этом управление водным объектом должно осуществляться как единым целым, включая все воздействующие негативные факторы — загрязнение отходами сельского хозяйства, химическими веществами, сточными водами и т. и. Директива обязывает обеспечивать управление водным объектом, используя наиболее эффективные меры по улучшению его состояния. В случае если водный объект расположен на территории нескольких стран, должен быть разработан совместный план, в соответствии с которым страны, расположенные в верховьях бассейна, не должны сплавлять свои проблемы вниз по течению.

Согласно Директиве, страны — члены ЕС обязаны придерживаться принципа возмещения издержек в тарифах, которые они устанавливают на водоснабжение, и обеспечивать справедливый баланс между тарифами для различных потребителей воды. Российское же законодательство в настоящее время направлено на взимание повышенных экологических платежей и штрафов за несоблюдение нормативов вместо стимулирования водопользователей к внедрению наилучших доступных технологий очистки сточных вод, что реально улучшит состояние водоёмов. Государственная система регулирования водными ресурсами должна базироваться на принципах поэтапного достижения нормативов качества.

Таким образом, законодательные подходы к решению вопросов водных отношений в России и Европе существенно отличаются.

## **In aqua veritas\***

Санитарно-эпидемиологические требования к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения определены Федеральным законом Российской Федерации от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», в соответствии с которым водные объекты, используемые в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, для купания, занятий спортом, отдыха и лечения, не должны являться источниками вредного воздействия на человека. Проекты зон санитарной охраны

\* В воде истина (*лат.*).



таких водных объектов утверждаются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии установленным требованиям. В случае если вода водных объектов представляет опасность для здоровья людей, водопользование должно быть ограничено или запрещено.

Население городов и сельских населённых пунктов должно обеспечиваться питьевой водой в количестве, достаточном для удовлетворения физиологических и бытовых потребностей. Гигиенические требования к качеству питьевой воды, как, впрочем, и для водных объектов, устанавливаются санитарными правилами и нормами, специально разработанными для централизованных систем питьевого водоснабжения, нецентрализованного водоснабжения, воды, расфасованной в ёмкости, поверхностных вод.

Главное требование к качеству питьевой воды — её безопасность. Основные постулаты качества питьевой воды сформулированы в середине XX века: вода должна быть безопасной в эпидемическом отношении, безвредной по химическому составу, обладать благоприятными органолептическими свойствами. В настоящее время этими критериями руководствуются во всём мире, они положены в основу нормативного документа — Руководства по контролю качества питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (2004). Для России главный нормативный документ — Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074—01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

Федеральным законом Российской Федерации «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ предусмотрена разработка технических регламентов в целях



*Что может быть лучше чистой, свежей воды?*

защиты жизни и здоровья граждан, животных и растений, имущества, охраны окружающей среды. В настоящее время ведётся работа над проектом технического регламента «О безопасности питьевой воды», которым предполагается установить требования к безопасности питьевой и бутилированной воды, систем, обеспечивающих забор, подготовку и подачу питьевой воды потребителю. В стадии обсуждения находится проект технического регламента «О безопасности водоотведения», который предполагает установить требования к составу и свойствам всех видов сточных вод, отводимых в водные объекты, а также к системам канализации и сооружениям по очистке сточных вод.

Правовое регулирование отношений, связанных с хозяйственным оборотом питьевой воды, осуществляется Правилами пользования системами коммунального водоснабжения и канализации (1999) — единственным (!) подзаконным актом. Основанием для хозяйственного оборота воды является договор энергоснабжения. В Гражданском кодексе вообще отсутствуют нормы, регулирующие ресурсоснабжение, в том числе водоснабжение. На законодательном уровне в Российской Федерации не определён публично-правовой статус предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, способы регулирования рынка услуг водоснабжения и водоотведения и правила поведения его участников. Для сравнения: деятельность электроэнергетической отрасли регулируется пакетом из нескольких федеральных законов. Судя по всему, проблема чистой воды российским законодателям не представляется достойной серьёзного внимания.

И снова зарубежный опыт. Требования к качеству питьевой воды европейских государств определены Директивой ЕС, принятой в 1980 году. В ней нормируются 66 параметров, выделенных в несколько групп: по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям; вещества, присутствие которых в воде нежелательно; токсичные вещества; параметры умягчённой воды, предназначенной для потребления.

Качество очищенных сточных вод определено Директивой ЕС, принятой в 1991 году, согласно которой все большие и малые города, крупные посёлки должны быть обеспечены кана-

лизационными системами и сооружениями (или установками) для очистки сточных вод, поступающих из жилых домов и промышленных предприятий. Выполнение Директивы осуществляется поэтапно, начиная с мегаполисов. В соответствии с Директивой, вновь построенный жилой дом не подлежит заселению, если он не подключён к системе центральной канализации. Одновременно должен быть обеспечен контроль системы сбора мусора. В случае сброса неочищенных стоков в водоём местные власти несут ответственность перед государственными властями, а те в свою очередь — перед Европейской комиссией. В случае серьёзного загрязнения водного объекта государство-виновник выплачивает серьёзный штраф. Таким образом обеспечивается заинтересованность в предотвращении возможного экологического ущерба, вместо того чтобы расплачиваться за него, как это делается у нас.

Великобритания приняла закон о водных компаниях, которым определила полномочия генерального директора по услугам водоснабжения и водоотведения — специально созданной государственной должности. В законе чётко прописаны общие экологические и рекреационные обязанности министров, директора, а также ответственность компании, уполномоченной предоставлять услуги водоснабжения и водоотведения. Закон определяет меры по защите потребителей и обеспечению конкуренции в водном секторе, предусматривает стандарты качества воды, обязательства водных компаний по их соблюдению, функции местных властей и уполномоченных по контролю обеспечения стандартов качества, порядок оказания услуг по приёму городских и промышленных стоков. Разработан порядок установления тарифов на услуги водоснабжения и водоотведения, учёта воды, платы за оказание услуг водными компаниями, определены их права при проведении земляных работ и др.

Из сравнительного обзора становится ясным, что российское законодательство о воде характеризуется наличием существенных пробелов, нуждается в систематизации и гармонизации с европейским. Только при наличии совершенного законодательства, механизма его исполнения можно говорить о чистой, безопасной воде в России.

# ВОДНАЯ ИДЕОЛОГИЯ

*Мы не ценим воду до тех пор,  
пока не высохнет колодец.  
Английская пословица*

## Сколько воды утекло...

Развитие системы водоснабжения и канализации российских городов в прошлом веке осуществлялось с использованием государственных капитальных вложений. Проектирование и строительство было строго централизовано и выполнялось с учётом ежегодного прироста мощностей в производстве питьевой воды. Как правило, строились дополнительные источники водоснабжения (водохранилища), гидротехнические сооружения, крупные водоводы для транспорта воды и станции водоподготовки, рассчитанные на увеличение объёмов. Во многих городах водопотребление достигло 400—500 л на человека в день. В промышленности не создавались эффективные системы по обороту воды, её повторному использованию. Стоимость воды была достаточно низкой. Вода не рассматривалась как товар. Производство водосчётчиков в стране было недостаточным, а их установка осуществлялась только в крупных городах — Москве, Ленинграде (Санкт-Петербурге), Свердловске (Екатеринбурге) и др.

Потребление воды, как правило, строго не контролировалось, плата за забор воды и сброс загрязнений практически не взималась, в результате ежегодный прирост забора воды из источников водоснабжения превышал 2—3% в год.

Самым водоёмким сектором в России была промышленность, на долю которой приходилось более половины объёма суммарного забора воды из природных источников. К настоящему времени положение мало изменилось. Техническое пере-

вооружение промышленных предприятий происходит медленно, потребление воды сокращается в основном из-за их закрытия или перепрофилирования.

На долю сельскохозяйственного производства и коммунально-бытового хозяйства суммарно приходится менее половины объёма водозабора по стране.

Сравнительные данные по удельному водопотреблению  
в отдельных странах мира (по данным 1980-1990-х годов),  
% к общему водопотреблению

Водопотребление	Россия	США	Франция	Финляндия
Коммунально-бытовое	24	10	12	10
Промышленное	54	41	37	80
Сельскохозяйственное	22	49	51	10

Требования к качеству воды, используемой для технологических целей, в разных отраслях различны. Так, например, в пищевой промышленности требуется вода питьевого качества. Некоторые производства используют воду более высокой степени очистки, чем питьевая. Новейшим отраслям, таким как производство полупроводников, полимерных материалов, атомная техника и др., необходима вода особой чистоты. Большинство же промышленных предприятий может использовать воду из поверхностных источников, артезианскую, дождевую, очищенные и обеззараженные сточные воды. В основном техническая вода используется в качестве охлаждающего агента, для промывки продукции, очистки сырья, транспорта загрязнений, на объектах энергетики для подпитки котлов, при производстве химической продукции и т. д. Потери технической воды могут составлять от 10 до 20% или входить в состав производимой продукции.

Одной из самых водоёмких является целлюлозно-бумажная промышленность вследствие огромного объёма перерабатываемого сырья. Текстильная промышлен-



*Промышленность - самый водоёмкий сектор России*

ность требует большого количества воды для замачивания сырья, его очистки и промывки, отбеливания, крашения и отделки тканей. Огромны потребности в воде в металлургической промышленности. В пищевой промышленности для переработки разных пищевых культур требуется разное количество воды — в зависимости от вида продукции, особенностей технологии и доступности воды соответствующего качества в достаточном объёме. Цифры могут колебаться значительно. Так, в США на производство 1 т хлеба расходуется от 2 до 4 тыс. л воды, а в Европе — 1 тыс. л и даже меньше.

Удельные нормы расхода воды отдельных промышленных производств на 1 т готового продукта

Промышленное предприятие	Расход воды, м <sup>3</sup>
Целлюлозно-бумажный комбинат	320-389
Металлургический комбинат	220-245 (сталь) 240-270 (чугун)
Текстильный комбинат	250
Завод по выплавке меди	180-310
Завод по выплавке свинца	170-180
Трубопрокатный завод	120-130
Завод по выпуску соды	95-115

Сократить потребление воды можно только с помощью организации достоверного учёта водопотребления и соответствующего тарифа на воду. Пример из московской практики. Как только началась приватизация, первые собственники появились у магазинов и первое, что они сделали, — установили водосчётчики. В результате в течение только одного года 200 крупных магазинов отказались от применения питьевой воды на охлаждение оборудования, установив холодильники с воздушным охлаждением вместо водяного. Этого не могли добиться в советское время на протяжении десятков лет, несмотря на неоднократные постановления Совета Министров СССР, распоряжения министерств и ведомств.

За десять лет, 1995—2004 годы, в столице водопотребление в промышленном секторе сократилось на 26%, что во многом было вызвано структурными изменениями в экономике, па-

дением объёмов производства, ростом стоимости воды, внедрением рыночных принципов хозяйствования. Сокращение произошло прежде всего в тех секторах экономики, где отсутствовало государственное регулирование. Это подтверждает идею Адама Смита — английского экономиста, труды которого популярны и в наше время, что экономика функционирует лучше, если исключить регулирование государством. Смит называл такое управление экономикой принципом невидимой руки, а роль государства ограничивал функцией ночного сторожа. В тот же период среди бюджетных организаций практически не произошло сокращения потребления воды, так как заработная плата персонала не зависела от фактического потребления ресурсов.

## **Вода оплачивает воду**

Одним из основных условий обеспечения устойчивого водосбережения является платность водопотребления и водопользования. Установление такой платы полностью согласуется с принципом, провозглашенным Рамочной директивой Европейского Союза по воде, — «вода оплачивает воду», то есть денежные средства, собираемые от всех водопотребителей и водопользователей, должны быть достаточными для полного возмещения всех затрат на водоохранные и водовосстановительные мероприятия для поддержания водного фонда в должном состоянии. При этом следует помнить, что льготный режим для одних плательщиков означает дополнительное бремя для других и освобождение от платы отнюдь не стимулирует эффективное пользование водными ресурсами.

Внедрение водосберегающих технологий в промышленном производстве требует серьёзного вложения финансовых средств в переоборудование предприятий. Это, естественно, приводит к увеличению производственных затрат и снижению прибыли, а потому владельцы предприятий мало заинтересованы во внедрении ресурсосберегающих технологий. И тогда должны будут вступать в действие другие меры — экономические, задача которых — стимулирование водопотребителя.

Существуют два способа стимулирования рационального использования водных ресурсов. Первый — увеличение стоимо-

сти воды в зависимости от объёма или косвенно — с помощью повышения тарифов на электроэнергию, поскольку значительные её затраты в процессе забора водных ресурсов приходится на перекачку и подготовку воды.

Второй способ — предоставление экономических стимулов, например субсидий для поощрения использования более эффективных технологий в промышленности в целях достижения реальной экономии воды. Во многих странах мира используется метод выделения крупных субсидий на электроэнергию взамен снижения хозяйственных затрат. Примером может быть единовременная выплата потребителям в начале года на покрытие расходов на электроэнергию, что является эффективным стимулом водосбережения.

Изменение платы за воду принесло свои результаты. В последние годы в промышленности отчётливо определилась тенденция к сокращению удельных расходов воды на единицу товарной продукции — в силу высокой цены на воду. Резервы экономии воды в промышленности велики. Этому способствует внедрение прогрессивных водосберегающих технологических процессов. Например, на старых нефтехимических заводах для переработки 1 т нефти расходуется 18—22 м<sup>3</sup> воды, в то время как на современных заводах с оборотным водоснабжением и системами воздушного охлаждения — около 0,12 м<sup>3</sup>.

Сокращение расхода воды может быть достигнуто за счёт использования различных технических мероприятий:

- применения систем оборотного водоснабжения;
- создания замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий;
- внедрения маловодных и безводных технологий;
- перевода технологических процессов промышленных предприятий на техническую воду.

Оборотные системы, когда вода используется повторно, широко распространены в системах водяного охлаждения, особенно на предприятиях теплоэнергетического комплекса. В чёрной и цветной металлургии водооборот по отрасли составляет около 80%, в химической промышленности — около 83%, целлюлозно-бумажной — около 65%. Наличие оборотной системы — показатель соответствующего технического уровня промышленного предприятия. Однако и сегодня на ряде рос-



сийских предприятий применяются морально устаревшие схемы водоснабжения, когда в качестве технологического сырья используется свежая вода, а все образующиеся сточные воды (отработанные технологические растворы, продувочные воды, воды от мойки оборудования и помещений и т. д.) единым потоком проходят очистные сооружения либо не очищаются вовсе и сбрасываются в природные водные объекты.

Внедрение оборотных систем наиболее результативно на тех предприятиях, где большая часть объёма потребляемой воды приходится на охлаждение. В обороте может быть задействована также вода, которая загрязняется сравнительно легко удаляемыми примесями. После очистки на локальных очистных сооружениях, затраты на которую не столь велики, такую воду можно использовать повторно. Это позволяет резко снизить количество сбрасываемых сточных вод, снизить потребности в свежей воде и получить значительный экономический и экологический эффект. Так, при использовании оборотной воды на предприятиях химической промышленности капитальные затраты и эксплуатационные расходы на объектах водоснабжения и канализации сокращаются более чем на 35%.

Наиболее ценны с экологической точки зрения оборотные системы без сброса продувочных вод — бессточные (замкнутые) системы. В таких системах вместо свежей воды используется биологически очищенная смесь промышленных и бытовых сточных вод, соответствующая санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к воде для технического водоснабжения.

Высокая цена на питьевую воду заставляет промышленные предприятия переходить на маловодные и безводные технологии, а также использовать более дешёвую воду (речную, очищенные сточные воды и т. п.) там, где это возможно. Внедрение аппаратов воздушного охлаждения позволяет не только экономить значительное количество воды, но и уменьшить объём стоков. Применение сухих методов очистки газов только на предприятиях чёрной металлургии позволяет сократить водопотребление на 15—20%.

Важное направление сокращения водопотребления на промышленных предприятиях — использование технической воды

взамен питьевой. Такая вода может использоваться в качестве хладагента в теплообменных аппаратах, для защиты отдельных элементов установок и машин от чрезмерного нагрева, для транспортировки и очистки продукции или сырья от примесей и других целей. Так, в Москве с 1981 года действует система промышленного водоснабжения с забором воды из Клязьминского водохранилища и Москвы-реки. Её потребителями являются предприятия энергетики и металлообрабатывающей промышленности. С 1975 года действует система промышленного водоснабжения на основе доочищенных и обеззараженных сточных вод Курьяновских очистных сооружений производительностью 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут, которая обслуживает 11 промышленных предприятий. Это позволяет сократить расход питьевой воды из системы городского водоснабжения, снизить антропогенную нагрузку на водные объекты, существенно сократить финансовые расходы предприятий.

Техническая вода может использоваться внутри промышленного предприятия многократно. Например, в целлюлозно-бумажной промышленности 25% воды находится в межцеховом водообороте, то есть стоки одного цеха используются взамен свежей воды в другом. Такая система позволяет сократить количество забираемой природной воды и сбрасываемых стоков, удешевить всю систему водоснабжения.

Металлургические комбинаты, сталелитейные, прокатные и коксохимические заводы, другие промышленные предприятия, для производственных процессов которых используется речная вода без какой-либо специальной очистки, могут снабжаться очищенной городской сточной водой, хотя это несколько дороже. За границей такой опыт имеется в Японии, США, ЮАР, других странах. В России системы промышленного водоснабжения с использованием очищенных сточных вод эксплуатируются в Челябинске, Липецке и других промышленно развитых городах.

Поиск оптимального решения в вопросе выбора и внедрения водосберегающих систем каждого конкретного промышленного предприятия в настоящее время лежит в области компромисса между требованиями экологии, с одной стороны, и реальными возможностями по скорейшему внедрению водосберегающих технологий — с другой.

## Земля сохнет по воде

Сельскохозяйственное производство по объёму потребления воды занимает первое место в мире. Чтобы обеспечить продуктами питания население, необходимы затраты огромного количества воды в земледелии: производство дневной нормы сельскохозяйственного продовольствия для одного человека требует от 2 до 5 тыс. л воды. На орошение 1 га посевов расходуется в течение года 12—14 млн л воды.

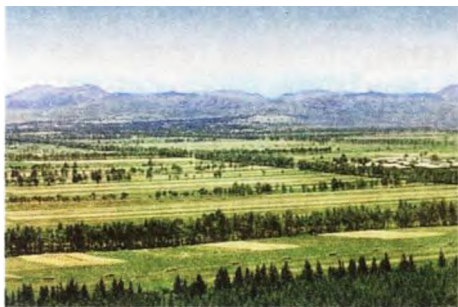
В Египте, где почти не бывает дождей, всё земледелие основано на орошении, тогда как в Великобритании практически все сельскохозяйственные культуры обеспечиваются влагой за счёт атмосферных осадков. В США орошается 10% сельскохозяйственных земель, в основном на западе страны. Значительная часть сельскохозяйственных угодий искусственно орошается в таких азиатских странах, как Китай (68%), Япония (57%), Саудовская Аравия (43%), Пакистан (42%), Израиль (38%), Индия и Индонезия (по 27%), Таиланд (25%), Сирия (16%). В Европе орошаемое земледелие развито в Греции (15%), Франции (12%), Испании и Италии (по 11%). В Австралии орошается ~9% сельскохозяйственных угодий и ~5% — в бывшем СССР.

В сельском хозяйстве вода идёт не только на полив посевов, но также на пополнение запасов подземных вод, чтобы предупредить слишком быстрое опускание уровня грунтовых вод; на вымывание солей, накопившихся в почве, на глубине ниже корнеобитаемой зоны возделываемых культур; для опрыскивания против вредителей и болезней; защиты от заморозков; внесения удобрений; снижения температуры воздуха и почвы летом; для ухода за домашним скотом; транспортировки сточных вод, используемых для орошения (преимущественно зерновых культур); переработки собранного урожая.

Чрезвычайно велика потребность в воде в современном животноводстве: для производства 1 кг молока расходуется 4 тыс. л, а 1 кг мяса — 25 тыс. л воды. В России сельскохозяйственное водопотребление характеризуется меньшей по сравнению с США и Францией цифрой — 22% в общем объёме водопотребления, что объясняется отчасти спецификой аграрной отрасли, отчасти тем, что кризис российской экономики

в конце XX века привёл к массовому сокращению орошаемых площадей. Последствия неэффективных методов управления в советский период, выход из строя оросительных систем, износ и отсутствие современной поливной техники, дефицит средств на эксплуатацию и т. д. сделали страну зависимой от импорта продовольствия.

**Из опыта дореволюционной России.** Катастрофическая засуха, охватившая в 1891 году центральную, южную и юго-восточную часть России с населением 25 млн человек, поставила правительство перед необходимостью создать Особую экспедицию, которая детально изучала проблему. Экспедиция пришла к заключению, что причиной участвовавших засух стала деградация территорий, вызванная вырубками лесов и экологически опасными методами ведения сельского хозяйства, на основании чего было предложено государственное регулирование природопользования.



*Лесозащитные полосы*

Была создана сплошная сеть широких лесополос, расчленивших открытые безлесные пространства на изолированные поля, благодаря чему улучшился микроклимат. Выполнено регулирование рек путём расчистки и спрямления русел, построены водохранилища и пруды для регулирования стока и уменьшения весенних разливов. Организовано снегозадержание для накопления влаги в почве и

многое другое, в зависимости от местных условий. В результате среднемноголетняя прибавка урожая зерновых составила 20%, картофеля - 30%, сахарной свёклы - 27%. Были получены и другие природоохранные эффекты: сохранены от обмеления малые реки, установилось равновесие между полезной и вредной фауной и микроорганизмами и т. п.

Положительный опыт соотечественников прошлого поколения необходимо использовать как образец экологического природопользования. Этот опыт может быть приумножен с использованием современных передовых технологий и достижений. Прежде всего должны быть обустроены водосборы — территории, с которых поверхностные воды стекают в реки, озёра, водохранилища — источники водоснабжения и массового водопользования. Существенная роль здесь принадлежит мелиора-

ции, на эффективность которой значительно влияют применяемые технологии.

Как правило, технологии полива являются крайне водозатратными. Современные технологии полива, такие как малоинтенсивное дождевание, капельное орошение, внутритпочвенное увлажнение, основаны на экономном расходовании водных ресурсов. Однако при поливе дождеванием, даже малоинтенсивном, 5—20% подаваемой на поле воды испаряется в воздухе и с растительного покрова.

Более рационально капельное орошение, поскольку вода используется только в тех местах, где и когда это необходимо, что позволяет сократить расход на



*Дождевание*

30—60%. Для растений создаётся максимально благоприятный водный режим, сокращающий вымывание элементов питания.

Убедительным примером эффективности капельного орошения является Израиль, где на душу населения расходуются 70—180 м<sup>3</sup> поливной воды, в то время как в Узбекистане — 2300—2500 м<sup>3</sup>. Эффективность использования оросительной воды в Китае не достигает и половины уровня Израиля. И это притом, что Израиль — одна из стран, наиболее страдающих дефицитом воды.

Результативным способом рационального водопотребления в сельском хозяйстве является использование очищен-



*Капельное орошение*

ной сточной воды для орошения. Этот способ несёт в себе огромный потенциал, особенно в условиях урбанизации страны: город с населением 500 тыс. человек и средним расходом, составляющим 120 л воды на душу населения, производит около 48 тыс. м<sup>3</sup> сточной воды в сутки. Пройдя необходимую обработку, эта вода может быть использована для орошения 500 га земли. Питательные вещества, содержащиеся в сточной воде, так же важны, как и сама вода: как правило, в ней содержатся все вещества, необходимые для роста сельскохозяйственных культур, — азот, фосфор и калий. Есть положительный пример использования очищенной сточной воды: в Египте она используется для ирригации полей с саженцами деревьев. Наиболее пригодны для орошения сточные воды некоторых производств пищевой (особенно крахмальных заводов), химической и лёгкой промышленности. Целесообразно применение в целях орошения сточных вод предприятий по производству минеральных удобрений, азотной кислоты и т. д.

Нормы орошения зависят от многих факторов — концентрации сточных вод, вида выращиваемых культур, климатических условий, типа почв. Использование производственных сточных вод должно быть согласовано с органами Государственного санитарного надзора. Основное требование к предназначенным для орошения производственным сточным водам — это исключение возможности вредного их воздействия на почву, грунтовые воды, выращиваемые культуры, а также на здоровье людей.

Значительным потенциалом использования воды в сельском хозяйстве обладает утилизация дренажных и сточных вод на водосборе. Сельскохозяйственные отрасли орошаемого земледелия являются загрязнителями поверхностных водисточников, сбрасывая через коллекторно-дренажную сеть неочищенные сточные воды. Однако поступившие в дренажный сток биогены, ядохимикаты, тяжёлые металлы, входящие в состав минеральных удобрений, можно частично перехватить, повторно используя дренажные воды для орошения, то есть применяя водооборотные системы по аналогии с промышленными предприятиями. Оставшаяся часть загрязнений должна извлекаться из дренажных вод специальными метода-

ми. Биогены могут быть использованы водной растительностью в осушительных каналах. В последнее время стали применяться биоплато с культивируемыми специальными водными растениями-очистителями, устанавливаемые в устьях каналов. Широко используются фильтры-сорбенты в виде сменных пакетов, заполненных сорбентами для извлечения пестицидов и тяжёлых металлов. По мере насыщения их сорбционной ёмкости они отправляются на рекуперацию.

Необходимые растениям полезные вещества: азот, фосфор, калий, микроэлементы: бор, медь, цинк, марганец, молибден, а также кальций и магний, улучшающие свойства почв, — содержатся в стоках животноводческих ферм. Поэтому уже давно эти стоки после соответствующей подготовки широко используют для удобрения почвы, добавляя их в поливную воду. В этих целях строят специальные оросительные системы, которые отличаются от обычных повышенными требованиями к санитарной безопасности, размещению, режиму орошения, наличием дополнительных сооружений и устройств. Такое использование сточных вод следует рассматривать как природоохранное мероприятие, направленное на защиту водных объектов от загрязнения.

Важным приёмом мелиорации является улучшение земель для сельскохозяйственного использования путём осушения болот, искусственного орошения, древонасаждений, устройства прудов, водоёмов и пр. Существенная роль здесь принадлежит рекультивации земель — искусственному воссозданию плодородия почвы и растительного покрова, нарушенному производственной деятельностью человека, а также возвращению земель, выведенных из оборота.

Примером может служить опыт Москвы по рекультивации земель, на которых в продолжение более чем 100 лет происходило естественное обезвоживание осадка, выделенного при очистке городских сточных вод. На площади свыше 1500 га, 800 из которых оказались в черте города, скопилось свыше 20 млн м<sup>3</sup> жидких осадков. Была разработана и реализована оригинальная технология гидромеханизированной подачи осадка и его механического обезвоживания на мембранно-камерных фильтр-прессах с последующим депонированием на специальных гидротехнических сооружениях.



*Московский микрорайон Марьино  
на месте рекультивированных  
иловых площадок*

На освобожденных территориях возведено современное благоустроенное жильё площадью 6,2 млн м<sup>2</sup> со всей необходимой социально-культурной инфраструктурой, включая 120 школ, 13 поликлиник, 9 спортивных сооружений, разбит парк, устроены пруды.

Реализованный проект экологически безопасен. В результате комплексного решения задач рекультивации полностью прекращены поступление токсичных веществ в подземные горизонты и выбросы в атмосферу, что оздоровило санитарно-эпидемиологическую и экологическую обстановку. Разработанные и внедрённые технические решения не имеют отечественных и мировых аналогов по своей масштабности и комплексности и в полной мере могут быть использованы в регионах Российской Федерации для рекультивации земель, выведенных из сельскохозяйственного использования.

Несмотря на достаточные запасы водных ресурсов в стране в целом, их ограниченность в ряде регионов и исключительно важное значение в жизни человека диктуют необходимость поддержания экономически оптимального и экологически безопасного уровня водопользования. Будущее промышленного производства и прогрессивного земледелия — в водосберегающих технологиях. Другого пути у нас просто нет.



# ГОРОДСКОЙ ВОДОВОРОТ

# БУХГАЛТЕРИЯ ВОДЫ

*Деньги любят счёт, а вода - учёт.*  
Пословица Мосводоканала

## Жизнь без счётчика

Обилие природных ресурсов в нашей стране во многом определило расточительное к ним отношение. Это наглядно иллюстрирует и история развития водоснабжения Москвы. С 1970 по 1995 год производство питьевой воды в столице увеличилось с 3,9 до 6,5 млн м<sup>3</sup>/сут при ежегодном росте водопотребления от 1,5 до 3,5%. Такие темпы рассматривались как прогрессивное явление, свидетельствующее о повышении благосостояния населения и стремительном развитии общества. Пик водопотребления пришёлся на 1995 год, когда фактически в жилом секторе расходовалось в среднем 450 л/сут на человека при существующей в тот период норме 235 л/сут, при том, что научно обоснованной хозяйственно-питьевой потребностью человека является расход 145 л/сут. Тарифы для населения в те годы устанавливались ниже фактических затрат на добычу, очистку и транспортировку воды. Бесценную воду население получало практически бесплатно, поэтому учитывать и экономить её не имело смысла.

В сельской местности человек знает цену воде: нужно поднять воду из колодца, донести тяжёлые вёдра до дома. Поэтому сельский житель вынужден брать воды ровно столько, сколько необходимо. В городе — наоборот. Избыток питьевой воды при низкой стоимости, оплата не фактического расхода, а по нормативам, атрофировали в горожанах ощущение ценности воды: лей сколько хочешь — больше не заплатишь. Водопроводная вода в благоустроенных квартирах привычна, как воздух: вот

она, поверни кран на кухне, и польётся — обыкновенная, ничего не стоящая, всегда рядом... Советская социальная политика сформировала системы водоснабжения и канализации не только в Москве, но и в других городах России без организации учёта водопотребления.



*Щедро льётся вода из крана*

Расход воды во многом зависит от культуры водопотребления. Например, при гигиенических процедурах в городских квартирах воды тратится на 40—70% больше, чем требуется. Редко кто чистит зубы, используя стакан воды. Во время бритья мужчины, как правило, кран не закрывают. Особенно расточительно расходуется вода на кухне — при чистке овощей и мытье посуды под бегущей струёй воды. Забывая, что горячее водоснабжение — не роскошь, а необходимый комфорт, россияне предпочитают принимать очень горячий душ, щедро используют горячую воду при мытье посуды. Подтверждение тому — температура сточной воды, составляющая 16—18°C, в то время как в Европе — 12—13°C. Значительный расход холодной и горячей воды происходит при стирке и полоскании белья вручную в ванне, поскольку стиральные машины имеются ещё не в каждой российской семье.

Способ экономного водопользования представляется нашему отечественному потребителю неудобным



*Фактическое водопотребление и стоимость воды*

и неубедительным. Чем дешевле обходится вода, тем больше её расходуют — срабатывает психология. Низкие тарифы на услуги водоснабжения и водоотведения и отсутствие достоверного приборного учёта приучили наших людей к использованию воды в неограниченных количествах.

**Не только исключить ручной труд**, но и обеспечить существенную экономию природных ресурсов и денежных средств позволяет использование современных стиральных машин: если в середине 1980-х годов на одну стирку в машине устаревшей модели расходовалось от 100 до 120 л, то теперь 39-72 л. Можно экономно постирать даже одну рубашку: электроника заполнит стиральную машину нужным количеством воды и точно рассчитает время стирки. В некоторых машинах установлена система повторного использования очищенной воды для полоскания. Чтобы стимулировать потребителей к приобретению стиральных машин с высоким показателем экономии воды, во многих странах предусмотрены значительные скидки при покупке.

На Западе, где стоимость воды существенно выше, отношение к воде другое. Такие гигиенические процедуры, как умывание и бритьё, проводятся с предварительным заполнением ёмкости умывальника, снабжённого специальным устройством подъёма пробки, что не требует погружения руки для слива воды.

**Жителям развитых стран Запада** непонятно, как можно иметь хорошую аудиовидеотехнику, но не иметь посудомоечной машины: ведь мыть посуду необходимо так же часто, как и кушать. При мытье посуды вручную недостижима такая сияющая чистота и уровень гигиены, какие обеспечивает посудомоечная машина, поскольку кожа рук не выдержит ни 70°С, ни даже экономичны 55°С! Для мытья слабозагрязнённой посуды предусмотрена короткая программа, сберегающая примерно 20% ресурсов по сравнению с обычной.

В развитых странах ванне предпочитают душевую кабину, поскольку воды расходуется много меньше. И даже душ принимают так: включил воду, намылился - выключил, потёрся мочалкой - снова включил. В результате за одну процедуру вода включается и выключается 5-7 раз. Именно в таком режиме пользования кроется и секрет смесителей и прочей арматуры западного производства - все они рассчитаны на сверхмногократное включение-выключение.

Ещё одна дань экономии - специальные смесители. Вода в них насыщается воздухом и так распределяется лейкой, что создаётся полная иллюзия, что на тебя устремляется большой поток. На самом же деле расход воды не превышает 6-7 л/мин.

Широко распространены двухсекционные кухонные мойки: в одной секции, заполненной водой с моющими средствами, производится предварительное мытьё посуды, а в другой, заполненной чистой водой, — её полоскание.

В 1997 году Мосводоканал приступил к упорядочению системы расчётов за водопотребление в жилищном секторе и установке общедомовых приборов учёта воды. До этого в жилых домах столицы расход холодной и горячей воды измерялся общими приборами учёта, установленными на несколько зданий в центральных тепловых пунктах (ЦТП). Отсутствовали отчётливые границы ответственности между ресурсоснабжающими организациями и организациями, управляющими жилищным фондом. Все утечки на трубопроводах холодного и горячего водоснабжения от ЦТП до зданий относились на счёт организаций, управляющих жилищным фондом, а фактически входили в тарифы. Холодное и горячее водоснабжение жилых зданий осуществлялось разными организациями, экономические интересы которых зачастую не совпадали. Отсутствовал системный подход к установке общедомовых приборов учёта на вводах.

Кроме того, горячая вода не рассматривалась как товар. Теплоснабжающие организации не продавали своим потребителям горячую воду, а лишь предоставляли услугу по подогреву холодной воды. В подаче и приготовлении горячей воды участвовали три стороны: водоканал, теплоснабжающие организации и организации, управляющие жилищным фондом. За качество поставляемой горячей воды никто не отвечал. Так было и в других городах России.

Следует заметить, что установка квартирных приборов учёта, которую начали в тот период строительные организации в домах-новостройках (более 580 тыс. квартир), оказалась неэффективной, поскольку расчёты по ним не производились из-за отсутствия нормативно-правовой базы. В 2004 году был принят документ, подготовленный с учётом передового европейского и мирового опыта, — Постановление Правительства Москвы по совершенствованию системы расчётов, сокращению сверхнормативного водопотребления в жилых зданиях города, стимулированию экономики воды организациями, управляющими жилищным фондом, и населением. Реализация Постановления была призвана не только сломать старую систему, но и изменить психологию людей.

К началу 2007 года задача была практически решена: общедомовые приборы учёта были установлены более чем в 98% жилых строений. В настоящее время обеспечение приборами учёта составляет 99%. Без приборного учёта остались дома, где это сделать оказалось технически невозможно или нецелесообразно.

Результат не заставил себя долго ждать:

удельное водопотребление сократилось до 280 л/чел. в сутки, в 2008 году — до 249 л/чел., в I полугодии 2009 года — до 230 л/чел.;

теплоснабжающие организации стали покупать холодную воду для нужд горячего водоснабжения и продавать горячую воду как товар;

москвичи получили возможность рассчитывать не за нормативное водопотребление, а за количество воды, рассчитанное исходя из фактического потребления воды в доме. Экономия на семью из трёх человек за услуги холодного, горячего водоснабжения и водоотведения в среднем составила 3 тыс. руб. в год;

обозначились отчётливые границы ответственности между ресурсоснабжающими организациями и организациями, управляющими жилищным фондом, что стало стимулом повышения качества услуг, улучшения эксплуатации сетей и сооружений, сокращения потерь;

принятые меры обусловили 10%-ную экономию бюджетных средств, выделяемых на субсидии по оплате жилищно-коммунальных услуг, размер которых ранее также определялся по нормативу. Переход на расчёты по общедомовым приборам учёта на объектах социальной сферы позволил сэкономить бюджетные средства по этой статье на 19%;

мероприятия по разграничению зон ответственности участников процесса, достоверному учёту ресурсов и контролю качества работ жилищных и ресурсоснабжающих организаций способствовали снижению водопотребления.

Работы по установке приборов учёта в каждом жилом доме позволяют ускорить реализацию положений Жилищного кодекса Российской Федерации, подготовку жилых домов к передаче управляющим компаниям, активизировать создание товариществ собственников жилья.

Город	Норма расхода воды, л/чел.сут	Город	Норма расхода воды, л/чел. сут
Новосибирск	355	Курск	280
Нижний Новгород	329	Таганрог	253
Москва	320	Набережные Челны	250
Екатеринбург	320	Пермь	250
Воронеж	318	Хабаровск	240
Санкт-Петербург	312	Ярославль	217
Владимир	300	Чебоксары	203

## Друг кошелька

Москвичи на собственном опыте убедились, что водосчётчик — друг кошелька. Наконец-то вопрос учёта расхода воды оказался решённым, хотя существовал с момента появления водопровода. До изобретения водосчётчиков применялись самые разные подходы к расчётам с потребителями: по площади жилища, по количеству кранов, по среднему душевым нормам... Но единственно правильным является учёт фактического расхода воды с помощью водосчётчиков — при условии, что применяемые приборы хорошего качества, точны, надёжны в эксплуатации и за их работой осуществляется постоянный контроль.

Производство водосчётчиков в России до революции практически отсутствовало, их получали из-за границы, в основном из Германии, где в 1870 году был изобретён скоростной водомер с крыльчаткой. После установки водомеров, согласно статистическим данным 1902 года, расход воды на одного человека снизился: в Берлине — на 40%, в Кёльне — на 50%, в Петербурге — на 20%. В 1903 году в Москве был построен завод немецкой фирмы «Майнеке», и только в начале 30-х годов XX века в России счётчики воды начали выпускать несколько предприятий. Но поскольку оплата производилась не по фактическому водопотреблению, а в со-

ответствии с установленными нормативами, интерес к водосчётчикам был ограничен.

В наши дни заводов и фирм, выпускающих приборы учёта, — множество. В столице при выборе прибора руководствуются специально разработанным и утверждённым Правительством Москвы Регламентом выбора типов приборов учёта холодной и горячей воды, устанавливаемых на водопроводных вводах в жилые дома, а также в квартирах жилых зданий, согласно которому параметры прибора должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50601 «Счётчики питьевой воды крыльчатые. Общие технические условия» и ГОСТ Р 50193 «Из-



*Водосчётчики крыльчатые*



*Водосчётчики турбинного типа*

мерение расхода воды в закрытых каналах. Счётчики холодной питьевой воды». Тип приборов должен быть утверждён Госстандартом Российской Федерации и внесён в Государственный реестр средств измерений. Возможность метрологического обеспечения приборов учёта в процессе эксплуатации, включая поверку, должна быть подтверждена местными органами Госстандарта Российской Федерации.

В настоящее время учёт холодной воды у потребителей города Москвы осуществляется в основном с помощью механических водосчётчиков турбинного и крыльчатого типов, имеющих ряд преимуществ по сравнению с другими типами приборов учёта: более низкую цену, широкий диапазон измерения, возможность работы без постороннего источника энергии, несложный ремонт. Механические счётчики могут работать в затопляемых помещениях, а наличие импульсного выхода позволяет включать данные приборы в автоматизированную систему снятия показаний.

Переход на расчёты по общедомовым приборам стал первым шагом в совершенствовании расчётов за услуги холодного и горячего водоснабжения, водоотведения. Но это ещё не решало в полной мере проблему материальной заинтересованности каждой семьи в экономии воды, поскольку общедомовой



расход делился поровну между всеми зарегистрированными в доме жильцами, независимо от фактического индивидуального водопотребления.

Оборудование жилого фонда общедомовыми водосчётчиками по городам России по состоянию на 1 января 2008 года

Город	Обслуживаемое население, тыс. чел.	Оборудовано водосчётчиками домов, % от общего количества	Город	Обслуживаемое население, тыс. чел.	Оборудовано водосчётчиками домов, % от общего количества
Набережные Челны	364,4	100	Новокузнецк	562,4	30
Москва	10 443,0	98	Вологда	292,8	27
Череповец	300,8	96	Казань	971,0	25
Санкт-Петербург	4571,1	94	Астрахань	473,9	25
Екатеринбург	1269,0	90,6	Барнаул	558,8	13
Уфа	962,1	90,6	Чебоксары	453,3	12
Нижний Новгород	1284,4	79	Самара	1051,1	8,3
Новосибирск	1425,6	70	Курск	401,3	8
Волжский	310,0	50	Таганрог	268,0	4
Красноярск	833,0	36	Хабаровск	463,6	2,1

Поэтому вторым этапом совершенствования расчётов за услуги водоснабжения и водоотведения стала установка квартирных приборов учёта. Для реализации данного этапа требовалась соответствующая нормативная база. Были разработаны и утверждены необходимые документы: «Порядок организации учёта потребления холодной и горячей воды по общедомовым и квартирным приборам», «Регламент установки водосчётчиков», «Методика распределения объёмов воды на

основании показаний приборов учёта». В квартирах, находящихся в государственной собственности, а также в квартирах, собственники которых получают субсидию на оплату коммунальных услуг, установка квартирных водосчётчиков холодной и горячей воды осуществлялась за счёт средств бюджета города, что стимулировало водосбережение и поддержало малоимущих граждан.

Сегодня всем понятно, что водосчётчики позволяют рассчитываться за фактическое водопотребление, а значит, реально экономить бюджет семьи, что особенно важно в условиях кризиса. Однако учёт воды посредством водосчётчиков решает не все проблемы водосбережения.

Перейдя на расчёты за услуги водоснабжения и водоотведения по приборам учёта (общедомовым и квартирным), жители и управляющие организации ожидали, что их платежи значительно снизятся. Однако ожидания не всегда сбываются, и это зависит не только от потребителя.

В современных жилых зданиях происходят значительные потери воды, обусловленные многими факторами. Причинами перерасхода воды в жилищном фонде могут быть: избыточное давление в водопроводной сети, отсутствие циркуляции в системе горячего водоснабжения, нарушение температурного режима подаваемой горячей воды, утечки через сантехарматуру.

Утечки из водоразборной арматуры увеличивают водопотребление в среднем на 60—70 л/чел. в сутки. При струе в 3 мм потери воды из одного крана составляют 1 м<sup>3</sup> в сутки. В случае избыточных давлений при открывании крана вода льётся с большим напором, тем самым увеличивается её расход. Это особенно характерно для нижних этажей современных зданий повышенной этажности. Кроме того, при завышении давления начинают проявляться утечки в тех местах, где установлена водоразборная арматура плохого качества с резиновыми уплотнителями (унитазы, смесители и т. д.).

Эффективное снижение водопотребления в коммунально-бытовом секторе возможно путём внедрения комплекса водосберегающих мероприятий. Так, при проведении работ по наладке и реконструкции тепловых пунктов и станций подкачки следует предусматривать установку частотных преоб-

разователей, регулируемых приводов, установку или замену регуляторов давления, изменять циркуляционную схему горячего водоснабжения на циркуляционно-повысительную и т. д. Практика подтверждает, что это позволяет снизить расход воды до 8—10%.

Кроме того, теплоснабжающая и управляющая организации должны осуществлять постоянный контроль температурного режима в системе горячего водоснабжения, поскольку соблюдение установленных параметров температуры снижает бесполезные сливы холодной воды. Опыт Москвы показывает, что после приведения температуры воды в соответствие с режимными параметрами удельное водопотребление сокращается на 50—110 л/чел. в сутки.

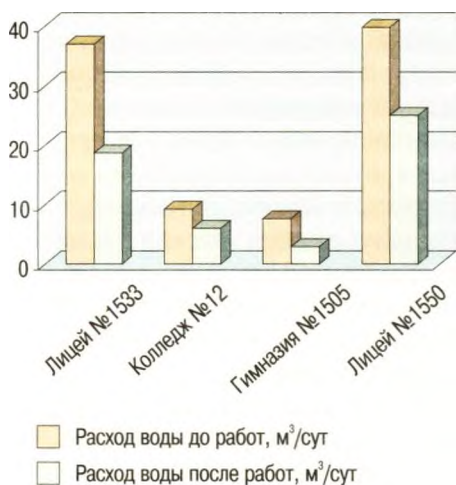
Исключить утечки в квартирах можно путём модернизации сантехарматуры: установки арматуры с керамическими уплотнениями, более надёжных запорных устройств в смывных бачках и др. Заметно уменьшает непроизводительные расходы воды применение смесителей с одной рукояткой, когда воду одним движением вентиля можно отключить и вновь включить без изменения температуры.

Многие виды современной арматуры имеют встроенный ограничитель подачи воды, который снижает расход воды без потери комфорта до 6 л/мин. Более целесообразно применение сантехнической арматуры с предустановленной продолжительностью подачи воды, когда пуск воды осуществляется (напрямую или опосредованно) самим пользователем, а закрывание кранов всегда происходит автоматически. Как правило, в автоматическом режиме определяются продолжительность подачи воды, её температура и напор струи. Цель применения такого оборудования заключается главным образом в том, чтобы обеспечить комфортное удовлетворение потребностей пользователя и одновременно сокращение потерь воды и энергоресурсов.

Кроме того, во многих случаях — поскольку пользователь вообще не прикасается руками к водозапорной арматуре (узлы, оборудованные электронными и частично механическими запорными устройствами) либо имеет с ней минимальный контакт — места общего пользования обеспечивают оптимальную гигиену. Существенной экономии можно добиться при поль-

зовании душем с термостатом. У высококачественных термостатов температура регулируется с точностью до 0,5°C. Установка смывных бачков с рациональным объёмом смыва — 4 л вместо 8 — также сокращает расход воды. Всё это позволяет экономить до 15% воды.

Эффективной мерой является установка в учреждениях образования и дошкольных учреждениях водосберегающей (антивандальной) сантехарматуры с порционным отпуском воды. Механизм отпуска воды приводится в действие нажатием кнопки и автоматически отключается через 15—20 секунд — среднестатистическое время для обычного применения. Это широко используется в Москве. Практика показала, что использование антивандальной бесконтактной арматуры позволяет экономить до 30—40% воды.



*Изменение водопотребления в учреждениях образования Москвы после установки водосберегающей сантехарматуры*

Есть и совсем простой способ сокращения водопотребления — установка на краны специальных насадок-рассекателей, создающих эффект инъекции: из крана выходит струя, насыщенная пузырьками воздуха, при этом достигается значительная экономия — до 10% воды.

Как видно, огромные резервы экономии водных ресурсов заложены в самых простых технических решениях!

Объём неучтённых расходов на сетях водопровода  
по Федеральным округам России по состоянию на 1 января 2008 года

Федеральный округ	Неучтённые расходы воды, %	Федеральный округ	Неучтённые расходы воды, %
Северо-Западный	18,7	Уральский	21,5
Центральный	13,9	Сибирский	18,2
Южный	38,0	Дальневосточный	25,0
Приволжский	18,8	По России	22,0

Благодаря комплексу проведённых в столице водосберегающих мероприятий, в числе которых: внедрение современного учёта воды, модернизация распределительной сети, оптимизация режимов, внедрение автоматизированной информационной системы, предупреждение аварийных ситуаций, применение современного оборудования для обнаружения скрытых утечек и др., начиная с 1995 года наблюдается устойчивая тенденция снижения производства воды. Удельное водопотребление в жилищном секторе за 13 лет (1995—2008) снизилось на 45%. Одновременно снизился более чем в 2 раза неучтённый расход воды — с 14,2 до 9,2% от производства питьевой воды. Для сравнения: средний процент неучтённой воды по России составляет 22%.

## **Зачем водным компаниям экономить воду?**

Этот вопрос звучит нередко. Действительно, экономия воды благоприятно сказывается на доходах каждой семьи, каждого предприятия, но только не на доходах водных компаний — тех, кто производит питьевую воду. Посудите сами: для любого предприятия источником дохода, прибыли является объём производимой продукции — чем он выше, тем ощутимее результат — при наименьших издержках. А здесь как раз наоборот — сокращение продажи воды даже на 1% оборачивается многомиллионными убытками. Так почему же целенаправленно и настойчиво водные компании проводят работу по сокращению водопотребления?

Бывают подходы к проблеме и отношение к делу, которые называют обывательскими, сиюминутными, которые не выходят за круг корпоративных или личных интересов, а бы-

вают государственные, ориентированные на благо общества, на перспективу. Именно такой подход к проблеме экономии водных ресурсов и уменьшения нагрузки на окружающую природную среду — в Москве.

Водосбережение необходимо для обеспечения дальнейшего развития столичного мегаполиса, для выполнения программы жилищного строительства, поскольку потребуются всё новые и новые коммунальные ресурсы. Без достоверных данных о потреблении воды невозможно правильно и рационально планировать развитие городских инженерных систем — источников ресурсов, транспортирующих сетей, многие из которых требуют срочной реновации.

Очевидно и то, что без сокращения изъятия из природной среды многих видов ресурсов, в том числе и воды, невозможно решение экологических проблем. Рациональное потребление воды являет и другой экологический аспект — постоянное повышение качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в природные водные объекты, сокращение их объёмов.

В то же время рациональное водопользование несёт ряд определённых технико-экономических выгод для водоканалов, которые дадут о себе знать через несколько лет. Снижение утечек воды из сети приведёт не только к сокращению объёмов производства питьевой воды, но и одновременно к снижению затрат. Понадобятся трубопроводы меньшего диаметра для транспортировки воды, снизятся мощности насосов. В результате меньше придётся платить за услуги энергетических компаний. Соответственно сократятся затраты на водоподготовку, пропорционально уменьшатся затраты на реагенты, эксплуатационные и другие расходы. Существенно снизится экологическая нагрузка на водоёмы, а значит, сократятся платежи и водный налог. Фондоотдача основных сооружений вырастет за счёт сокращения и вывода из эксплуатации неиспользуемых технологических сооружений, то есть съём продукции с одного рубля основных фондов изменит экономическую составляющую себестоимости. Всё это позволит провести коренную модернизацию водопроводно-канализационного хозяйства в городе.

Так что экономия воды выгодна не только потребителям, но и водным компаниям, если относиться к ней по-государственному.

# АРТЕРИИ ГОРОДА

*Подземные водные трубы -  
это национальные артерии.*

С. Синха

## Плата за экономию

Прежде чем попасть к потребителю, вода проходит сложный путь. Основа системы транспортирования воды — водопроводные сети, насосные станции, регулирующие и запасные ёмкости. Наиболее дорогим элементом системы водоснабжения, составляющим 40—50% её стоимости, является водопроводная сеть, неудовлетворительная работа которой может свести на нет огромные затраты на производство воды. Поэтому уже на стадии проектирования особое внимание уделяется вопросам надёжности, бесперебойности и требуемым напорам подачи воды. Водопроводную сеть проектируют кольцевой. Магистральные линии, протяжённые трубопроводы большого диаметра прокладываются так, чтобы обеспечивалось кратчайшее расстояние от водоводов к наиболее крупным потребителям, а также к регуливающим и запасным ёмкостям (например, водонапорным башням) или от них, обеспечивая двустороннее питание. Диапазон диаметров городских водопроводных сетей весьма широк и для крупных городов колеблется от 100 до 2000 мм. Для обеспечения достаточных напоров магистральные линии прокладываются по наиболее возвышенным геодезическим отметкам местности и, как правило, по проездам и обочинам дорог параллельно линиям застройки и по возможности вне асфальтовых или бетонных покрытий.

Прокладка водопроводных сетей осуществляется, как правило, под землёй. Глубина залегания должна исключить замерзание трубопроводов зимой, недопустимый нагрев воды

в летнее время, а также повреждение внешними нагрузками. Возможность и целесообразность проектирования водопроводных сетей надземными или в тоннелях совместно с другими коммуникациями должна быть обоснована.

Водопроводные сети должны быть напорными. Для обеспечения надёжной работы, исключения потерь при транспортировке воды трубопроводы должны отвечать ряду требований. Прежде всего, они должны обладать прочностью к воздействию давления грунта, внутреннему давлению и динамическим нагрузкам, прогибам от собственного веса и др. Второе требование — герметичность — в целях исключения не только потерь воды, но и возникновения аварийных ситуаций. Для минимизации потерь напора внутренние поверхности трубопроводов должны быть максимально гладкими. Материал, из которого выполнены трубы, должен обладать сопротивляемостью к внешним и внутренним воздействиям. Эти же требования распространяются на стыковые соединения труб, их защитные покрытия. В целом трубы, арматура и соединительные элементы должны отвечать требованиям государственных стандартов, а в случаях отличия от них — техническим условиям.

Эффективная работа систем водоснабжения во многом зависит от надёжности насосных станций. По своему назначению и расположению в общей схеме водоснабжения они подразделяются на станции первого подъёма, которые служат для забора воды из источника водоснабжения и подачи на станции водоподготовки; второго подъёма — для подачи питьевой воды потребителям; повысительные, предназначенные для повышения напора воды в отдельных точках водопроводной сети, и циркуляционные — для подачи воды в охлаждающие устройства технологических установок на промышленных предприятиях.

Трубопроводные системы — не только наиболее значимый элемент системы водоснабжения, но и, как показывает практика эксплуатации, наиболее уязвимый. Совокупная протяжённость наружных трубопроводов по России превышает 2 млн км, в том числе более 700 тыс. км приходится на централизованные системы водоснабжения и водоотведения городов и посёлков. Протяжённость внутридомовых трубопроводов составляет около 3 млн км.

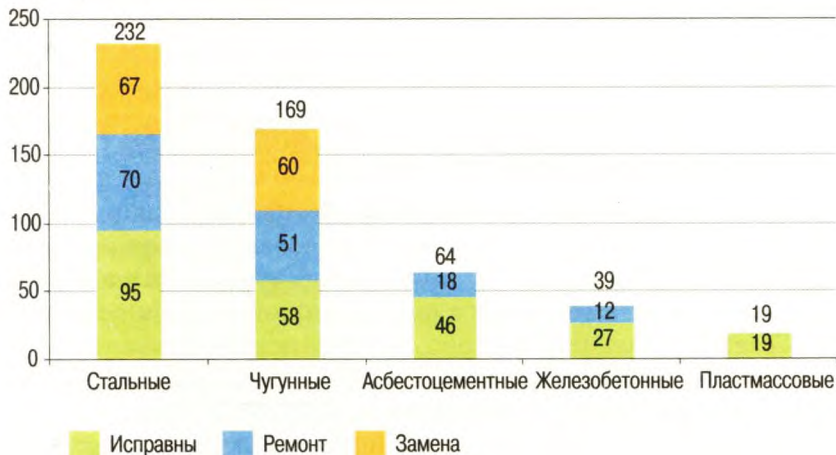


Протяжённость трубопроводов в России, ТЫС. КМ

	Всего	Водоводы, коллекторы диаметром более 400 мм	Уличные сети диаметром 200-400 мм	Заводо-мерные сети диаметром до 200 мм
Водопровод	528	139	320	64
Канализация	176	43	72	48
Итого	704	182	392	112

Россия занимает одно из первых мест в мире и по протяжённости, и по износу подземных трубопроводов. Причины низкой надёжности трубопроводов в России известны и сложились не в один день. К ним относятся: износ, неправильный выбор материала, несоблюдение технологии производства работ при монтаже, отсутствие необходимых мер по защите трубопроводов от коррозии, несоответствие качества труб требованиям стандартов и т. п. В срочном ремонте и замене нуждаются прежде всего металлические трубопроводы.

Тыс. км

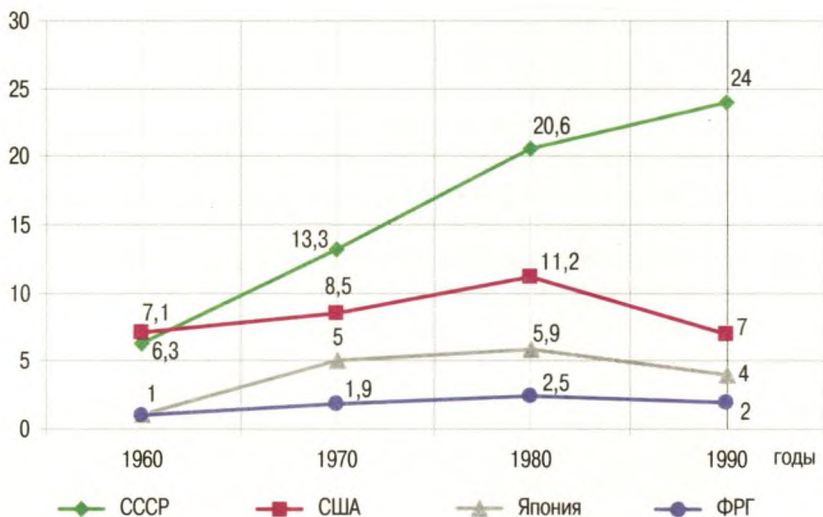


Состояние трубопроводов системы водоснабжения по видам материалов

В последние годы водоканалы России пожинают плоды прежней государственной политики СССР в области строительства и ремонта инженерных систем жизнеобеспечения.

Долгие годы прокладка водопровода и канализации осуществлялась без учёта требований надёжности. Критерием была низкая стоимость, поэтому основным материалом труб была сталь, причём наиболее дешёвых марок, без защиты от коррозии. Пик использования стальных труб в СССР пришёлся на 1990-е годы и почти вдвое превысил масштабы США, Японии и ФРГ, вместе взятых.

млн т



*Использование стальных труб в 1960-1990 годах*

Катастрофические последствия проявились лишь через 15—20 лет эксплуатации — начался массовый выход из строя стальных трубопроводов. Изменить эту ситуацию не удаётся до сих пор. В последнее время в ряде регионов России, особенно на Севере и Дальнем Востоке, крайне неудовлетворительное состояние сетей водопровода и канализации обернулось системными авариями, перерывами в водообеспечении, подаче некондиционной воды, сбросами неочищенных сточных вод в водные объекты.

Работа по поддержанию водопроводных магистралей в рабочем состоянии, а также решение о замене труб должны основываться на достоверной информации об их физическом состоянии. До настоящего времени в практике проектирова-

ния и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения городов Российской Федерации результаты многочисленных научно-исследовательских работ по проблемам надёжности мало используются. Причина — недостаточная регламентация вопросов надёжности и экологической безопасности в существующих нормативных документах. Так, в действующем нормативном документе требования к надёжности работы систем водоснабжения заменены требованиями к обеспеченности расхода и ограничены лишь допустимой величиной снижения подачи воды и продолжительностью перерывов в подаче воды или снижения её ниже нормируемого уровня. Очевидно, что подобные требования относятся не столько к экологической безопасности и надёжности систем водоснабжения, сколько к оценке допустимого снижения качества их функционирования. Никаких требований по надёжности, то есть оценке нормативных значений безотказной работы систем или допустимой частоты повторения отказов, ведущих к указанному снижению качества функционирования систем, нормативом не приводится. Анализ существующих норм показал, что они не содержат и указаний о допустимых пределах нарушения снабжения водой населения как в количественном, так и в качественном аспекте. Что касается существующей методики оценки сроков службы трубопроводов, то до настоящего времени нет научно обоснованных решений по установлению планируемых сроков службы различных труб в зависимости от условий их эксплуатации и других факторов.

Недостатки нормативной базы привели практически к отсутствию учёта потребительских свойств при выборе материалов и диаметров труб как на стадии проектирования, так и при замене изношенных участков трубопроводов. Это создало условия для нерационального использования в коммунальном хозяйстве городов России стальных труб и, как следствие, привело к значительному риску аварий с материальным и экологическим ущербом. Недоучёт характеристик надёжности, а также экономических показателей проведения аварийно-восстановительных и планово-предупредительных работ приводит к существенному разбросу в уровнях обслуживания водопроводной сети в пределах региона, города, а также к несвоевременному проведению планово-предупредительных ремонтов.

Производство и транспортирование питьевой воды к потребителям сопровождаются неизбежными потерями как исходной воды, так и воды питьевого качества. В промышленности на каждом этапе существуют нормативы потерь сырья, материалов, регламентированы методики их расчёта. Для производства питьевой воды таких утверждённых нормативов не существует.

При определении потребности в воде необходимо учитывать и утечки в сети, величины которых будут использованы при проектировании систем водоснабжения. До недавнего времени в большинстве стран мира для оценки величины потерь воды широко использовался термин «процент» общего объёма производства воды. Однако в последнее время появились возражения против использования процентных величин для проведения сравнения эффективности по реальным потерям. В некоторых странах — Англии, Уэльсе, Германии, ЮАР, Мальте — национальные организации приняли специальное решение не ориентироваться в будущем на проценты. Базовым оперативным показателем эффективности для реальных утечек стало определение потерь воды в литрах, приходящихся на потребительский отвод в день на метр водяного столба.

В России, как и в большинстве других стран, используется метод оценки потерь воды в процентах от общего объёма производства воды. В последние годы Россия несёт огромные материальные потери вследствие аварийного состояния подземных инженерных коммуникаций, и в первую очередь — сетей водоснабжения. Сегодня только в жилищном фонде величина потерь воды составляет в среднем по России 18—21% от общего водопотребления, а в отдельных городах достигает 40%. Немецкие специалисты считают, что утечки воды из водопроводной сети должна быть в пределах 1,5 м<sup>3</sup>/ч на 1 км сети. Это существенно ниже, чем в большинстве водопроводов других стран, и объясняется весьма высокими требованиями к качеству строительства и используемых материалов для трубопроводов. Интересно отметить, что в Германии 56% сети выполнено из чугунных труб, 26% — из пластмассовых, 10% — из асбестоцементных и только 6% из стальных труб, однако с обязательной внутренней облицовкой. Без облицовки уложено 30% чугунных труб, срок службы которых составляет

40—60 лет, и ежегодное обновление осуществляется в объёме 1% от протяжённости.

Объём производства питьевой воды всегда превышает суммарную рациональную потребность, что обусловлено целым рядом причин технического характера, а также бесполезным потреблением и неучтёнными расходами воды. Эффективно работающая система водоснабжения должна быть обеспечена управлением всеми компонентами потерь воды, поэтому в производственной программе ежегодно должны быть предусмотрены мероприятия по их снижению. Все потери воды можно объединить в две основные группы: потери на технологические нужды, которые включают потери воды при её добыче, производстве питьевой воды и транспортировке к потребителям, и потери воды у потребителей за счёт нерационального использования — утечки через сантехарматуру, слив горячей воды до нужной температуры и т. д.

## Куда утекает вода?

Утечки воды — это самопроизвольное истечение воды из различных элементов систем водоснабжения — трубопроводов, оборудования, арматуры, резервуаров и т. п. Они зависят только от технического состояния элементов систем водоснабжения и являются следствием тех или иных повреждений труб, нарушений и дефектов в работе сетевой арматуры. Повреждения труб возникают под воздействием случайных факторов, что говорит о необходимости анализа причин — на основе сбора и накопления соответствующих данных с последующей обработкой методами математической статистики. Регистрацию повреждений на сетях сегодня осуществляет большинство коммунальных предприятий водоснабжения городов России, однако ведётся она не систематически, без должной унификации и необходимой полноты. Более того, даже имеющаяся информация пока ещё не стала предметом специальной обработки и исследований в целях получения обобщающих рекомендаций для проектирования и эксплуатации, по крайней мере в отношении разработки мер по предотвращению причин утечек из сети. За рубежом такие исследования проводятся более целенаправленно, однако,

по имеющимся публикациям, вследствие противоречивости приводимых сведений однозначные ответы на поставленные вопросы не приводятся.

Особо следует остановиться на проблеме неучтённых расходов воды. К этой группе относятся скрытые утечки из наружных трубопроводов и сетевой арматуры (небольшие течи, не выходящие на поверхность земли); потери воды при авариях на трубопроводах; расходы воды, не учитываемые измерительными приборами абонентов из-за недостаточной чувствительности водосчётчиков в зоне небольших расходов; расходы на пожаротушение и «пожароучения», а также хищение воды.

На первый взгляд подобное объединение столь различных расходов воды в одну группу представляется произвольным и поэтому недостаточно обоснованным. Однако при всей разнообразности перечисленные виды неучитываемых расходов воды объединены в одну группу по следующим признакам: все они представляют собой неоплаченную товарную продукцию и, следовательно, должны быть отнесены к издержкам производства. Количественно они могут быть зарегистрированы измерительными приборами только совокупно, в сумме, как разница между количествами поданной и реализованной воды. Следствием всех видов потерь воды является то, что для обеспечения нормального снабжения водой потребителей необходимо наращивать мощности систем водоснабжения опережающими темпами, что вызывает необходимость отвлечения значительных дополнительных капитальных вложений, а также материальных и трудовых ресурсов.

Организация целенаправленной и планомерной работы по сокращению потерь воды возможна только при условии совершенствования технической эксплуатации сооружений, интенсификации производства, коренного улучшения повседневного учёта и контроля подачи и реализации воды. Однако потери воды не могут быть устранены полностью. Часто положительным результатом считается не просто снижение потерь, а отсутствие их роста.

Имеются зарубежные данные о том, что при хорошем уровне эксплуатации систем водоснабжения объём воды, оплаченной всеми потребителями, составляет 85—90% подачи и даль-

нейшее увеличение этого объёма практически невозможно (то есть наименьший возможный уровень неучтённых расходов и потерь воды составляет ~8—10%).

## Дело — в трубе

Сравнивая состояние нашей отрасли в прошлом и сегодня, XX век следует назвать веком развития и роста инфраструктур в городах России, а XXI век — эпохой восстановления и обновления водопроводных и канализационных сетей. В условиях реформирования коммунального хозяйства страны износ трубопроводов водоснабжения и водоотведения при дефиците материальных ресурсов требует научно обоснованного подхода к планированию ремонтно-восстановительных работ. Принцип срочного ремонта только в аварийных случаях (стратегия «пожарной команды») не обеспечит устойчивой и надёжной эксплуатации трубопроводных систем. Стратегическое планирование модернизации и реконструкции городских водопроводных и канализационных трубопроводов необходимо для оценки размеров требуемых объёмов инвестиций и обоснования тарифа на услуги водоснабжения и водоотведения, для обеспечения надёжности городских инженерных сетей.

Первый этап стратегии восстановления трубопроводов заключается в выборе потенциальных объектов реконструкции (перекладки или санации) на основе оценки показателей их надёжности и технического состояния. Критерием выбора становится превышение установленного порогового значения интенсивности отказов трубопроводов (количество аварий в год на 1 км сети) и окончание полезного срока службы. Для определения пороговых значений необходимо организовать сбор и статистическую обработку эксплуатационных данных о повреждениях трубопроводов. Указанный метод выбора потенциальных объектов восстановления трубопроводов позволяет прогнозировать общий объём работ.

На втором этапе стратегии осуществляется выбор из числа объектов восстановления приоритетных участков трубопроводов, которые имеют наибольшую вероятность аварий с материальным и экологическим ущербом и в ближайшее время окажутся непригодными для эксплуатации.



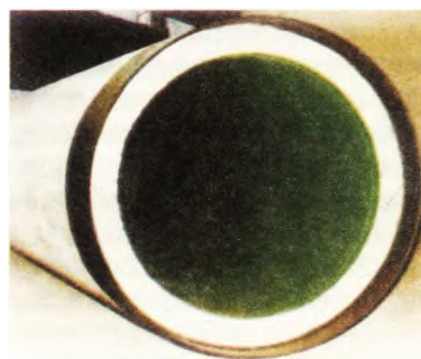
*Базальтовые трубы*



*Керамические трубы*



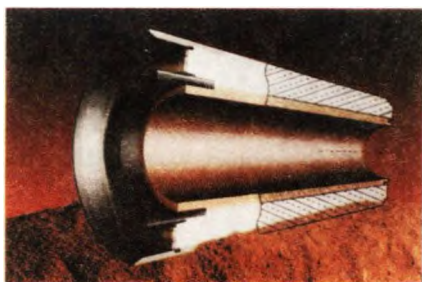
*Труба из полимербетона  
со специальным профилем*



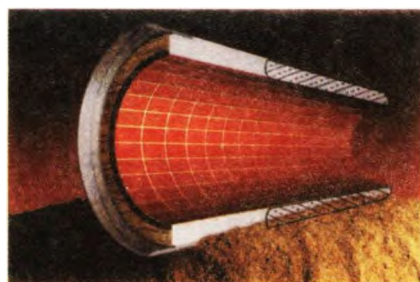
*Железобетонная труба с внутренним  
покрытием из полиэтилена высокой  
плотности*

Мировой опыт строительства и реконструкции трубопроводных сетей, современные инновационные технологии и наноматериалы позволяют правильно выбрать материал труб и их защитных покрытий для обеспечения эффективной и надёжной работы в течение 100 и более лет. Например, для повышения надёжности работы городских водопроводных сетей при их строительстве целесообразно использовать трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) с внутренним цементно-песчаным покрытием и оцинкованной наружной поверхностью, усиленной полиэтиленовой изоляцией. Предпочтительность выбора труб из ВЧШГ основана на их высоких эксплуатационных





*Труба из железобетона с внутренним керамическим покрытием*



*Железобетонные трубы с внутренним керамическим покрытием в виде плиток*



*Стеклопластиковые раструбные трубы*



*Полипропиленовые трубы*

показателях, надёжности, многолетнем положительном опыте использования в Российской Федерации и за рубежом.

Анализ имеющихся данных по надёжности трубопроводов централизованных систем питьевого водоснабжения в развитых странах Северной Америки и Европы (Канаде, США, Германии, Франции) показал, что эти страны располагают самыми надёжными системами водоснабжения в мире. Это обусловлено в первую очередь широким применением в последние 40 лет трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. В то же время интенсивно развивающийся Китай имеет уже более 10 предприятий, осуществляющих производство чугунных труб. КНР стала вторым после США крупнейшим экспортёром труб из ВЧШГ.

В последние десятилетия в практике строительства водопроводных сетей находят применение трубы из полимерных

материалов. Их достоинством являются: полное отсутствие коррозии и зарастания внутритрубного пространства, малая масса, технологичность монтажа, пластичность. В то же время полимерные трубы не обладают жёсткостью — высокой сопротивляемостью раздавливанию, имеют большой коэффициент линейного расширения, со временем их прочность снижается. При прокладке бестраншейными методами, в условиях загруженного подземного пространства крупных городов, требуется высокая культура их монтажа, необходим квалифицированный контроль со стороны заказчика за технологией сварки.

При реализации бестраншейных технологий строительства и восстановления трубопроводов целесообразно использовать специально изготовленные трубы из таких материалов, как базальт, керамика, полимербетон, железобетон с различными внутренними покрытиями, стеклопластик, полипропилен, поливинилхлорид и др. При прокладке трубопроводов поверх грунта для исключения замерзания транспортируемой воды при отрицательных температурах необходимо нанесение теплоизоляции.

Неуклонный рост городского населения придаёт ещё большую значимость надёжности сетей водоснабжения и водоотведения. Сегодняшний день требует выработки нового подхода, максимально ориентированного на использование бестраншейных технологий с разработкой стратегий восстановления и замены трубопроводов на базе выявленных критериев и приоритетов. Такой подход — залог экологически благополучной жизнедеятельности города.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИМФОНΙΑ

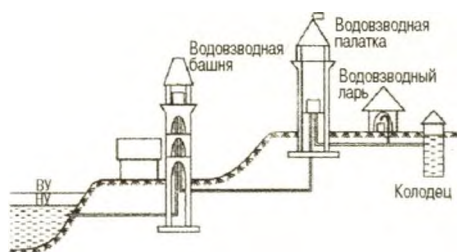
*Под водой и на воде враг не спрячется нигде.*  
Поговорка советского периода

## Почему водопровод?

На протяжении всей истории человечества источниками водоснабжения являлись озёра, реки, ручьи, родники, снег, дождевая вода... Уже в эпоху античности, а возможно и ранее, получили распространение водопроводы — системы транспортировки чистой воды от места забора до потребителя. Так, в трёхэтажном дворце царя Миноса на Крите, датируемом XIII веком до н. э., существовал трёхуровневый водопровод, который был выполнен из керамических труб. Водопровод питался талой водой снеговых шапок близлежащих гор и имел протяжённость около 2 километров. Этруски, заселившие Северную и Центральную Италию в I тысячелетии до н. э., умели строить в городах водопровод и канализацию. Греки, заботясь о чистой воде, строили её накопители и водопроводы. Строительство водопровода и канализации достигло расцвета в Древнем Риме. Даже Библия не обошла вниманием водопроводы. Например, в книге «Екклесиаст» Соломон говорит, что он устроил пруды — орошать рощи. Иудейский царь Ирод Великий построил водопроводы в городах Кесарии и Иерихоне. Считается, что Понтий Пилат построил новый водопровод или, что правдоподобнее, восстановил водопровод Соломона, который сохранился до наших дней. Археологические раскопки обнаружили остатки водопроводов на Кавказе, Украине, в Средней Азии...

В России, на территории Великого Новгорода, были найдены остатки водопровода с деревянными и гончарными трубами X-XII веков. Первый водопровод в Москве был сооружён

в 1491 году, обслуживал исключительно Кремль и предназначался на случай «осадного сидения». Источником воды служил родник в подземелье Собакиной башни, от которой вода самотёком поступала по кирпичной трубе по направлению к Троицкой башне. А в 1631 — 1634 годах в Кремле был построен



*Первый московский напорный водопровод*

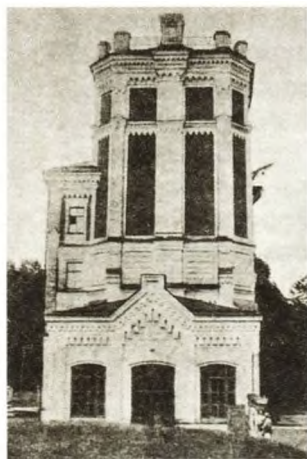
первый в России напорный водопровод. Вода из Москвы-реки по деревянным трубам самотёком поступала в колодец внизу Свибловой (ныне — Водовзводной) башни. Оттуда при помощи «водяного взвода» — подъёмной машины с конным приводом — вода поднималась в бак на башне и затем по свинцовым трубам — в

регулирующий резервуар, распределявший воду по дворцам, поварням, в царские бани и на полив садов.

Знания о водопроводном деле, во многом утраченные в средневековье, активно восстанавливаются в XVIII и XIX веках. Однако водопровод по-прежнему оставался только транспортирующей системой. Один из первых централизованных водопроводов был создан в 1768-1775 годах немецкими колонистами в Сарепте (ныне — в черте Волгограда).

Родниковая вода, стекавшая с расположенных неподалёку гор, по трубам поступала в бассейн на главной площади, а оттуда — в жилые дома.

В XVIII-XIX веках были построены Царскосельский водопровод, Таицкий водовод (обслуживал Царское Село, Софию, Павловск, ст. Александровскую и некоторые прилежащие населённые пункты). В 1881 — 1887 годах в Царском Селе был построен централизованный городской водопровод. В Красном Селе в XIX веке водопроводы прокладывались для снабжения ключевой водой воинских частей. Первый городской водопровод в Москве,



*Водонапорная башня в Царском Селе*

в то время уже утратившей статус столицы, использовал чистую воду мытищинских ключей, которую без очистки доставлял в город.

Таким образом, водопровод родился как система провода воды, её транспорта. Именно поэтому латинское слово *акведук* (*aquaeductum*) в конце XIX века переводилось на русский язык как *водопровод*. Такое же толкование в те годы даёт этому слову энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. И только в процессе исторического развития в XX веке водопровод приобрёл современное значение — он стал системой, обеспечивающей не только транспортировку, но и очистку воды.

## Рождение водоподготовки

На рубеже XIX-XX веков сдерживающим фактором развития экономики России стал недостаток чистой воды из-за загрязнения городских водоёмов патогенными (опасными для здоровья) микроорганизмами. Использование такой воды вызывало вспышки эпидемий водной этиологии (от греч. *aitia* — причина и *logos* — учение). В результате технического прогресса появилось и получило распространение насосное оборудование, позволившее осуществлять перекачку больших масс воды. Однако наличие механических загрязнений в воде приводило к износу и выходу оборудования из строя. В то же время рост уровня жизни населения стал предъявлять повышенные требования к качеству воды, обращая внимание на органолептические свойства (воспринимаемые органами чувств): цвет, вкус и запах. В совокупности всё это стимулировало развитие наук, связанных с водой.

Научный прогресс позволил определять химические показатели качества воды, обнаруживать патогенные микроорганизмы и выявлять индикаторы их присутствия в воде.



Москва-река в XIX веке

Накопленный опыт и результаты многочисленных исследований воды водоисточников привели к выводу о необходимости введения в процесс водоснабжения дополнительной стадии — водоподготовки, включающей последовательность технологических процессов обработки природной воды для приведения её качества в соответствие с требованиями. В зависимости от качества исходной воды технологические схемы подготовки питьевой воды могут существенно различаться.

**С 1670 по 1800 год** в учебных планах ведущих университетов официальный статус наряду с натурфилософией и медициной получила химия. Активно развиваются такие направления, как химия газов, растворов, металлургия. Тогда же было установлено, что вода - это тоже не простое вещество, а продукт соединения двух газов: кислорода и водорода. Сделанные открытия и теории, покончив с «таинственными» стихиями, повлекли за собой рационализацию химии. Впервые стали создаваться промышленные лаборатории, осуществлявшие практические задачи. Во второй половине XIX века в самостоятельную науку оформилась и медицинская микробиология. За короткий срок (100 с лишним лет) микробиология обогатила медицину блестящими достижениями, и её применение стало необходимым в разнообразных областях теории и практики. Открытие Антони Ван Левенгука, впервые увидевшего и описавшего микробы, привлекло внимание учёных к исследованиям с помощью микроскопа. Изучение возникновения и распространения инфекционных заболеваний связано с именами отечественных и зарубежных учёных, таких как Д.С. Самойлович, Э. Дженнер, Л. Пастер, И.И. Мечников. В 1886 году в России была открыта первая бактериологическая станция под руководством И.И. Мечникова, Д.И. Ивановским заложены основы вирусологии, которая сегодня сформировалась в отдельную науку.

Зачастую произносятся с трибун и публикуются в печати высказывания по поводу устаревания или, наоборот, перспективности отдельных методов водоподготовки. Такие мнения — результат незнания специфики технологических схем, где каждый элемент рассчитан на решение конкретной задачи в обязательной совокупности с другими элементами схемы. Набор методов в схеме — как набор инструментов в оркестре: каждый должен быть на своём месте и правильно настроен. И как фальшивая игра хотя бы одного инструмента может ис-

казить симфонию, так и неправильно подобранный технологический процесс, проводимый или недостаточно глубоко, или, наоборот, с избытком воздействия, может нарушить качество питьевой воды, сделать его не соответствующим гигиеническим требованиям.

На давно построенных и эффективно работающих станциях водоподготовки при появлении новых загрязнений в водоисточниках или ужесточении требований к качеству питьевой воды технологическая схема, разработанная и запроектированная под «старые» условия качества исходной воды и менее жёсткие нормативы, может не справиться с возникшей проблемой. В таком случае потребуется модернизация, глубину которой определяют вновь сложившиеся условия. В новой технологической схеме вполне могут сохраниться и «старые», давно известные, технологические процессы. Не всё из наработанного ранее технологического багажа следует решительно менять и «выбрасывать на свалку истории». Классические, хорошо зарекомендовавшие себя на практике методы, обладающие высокими технологическими показателями и низкой стоимостью, применяются в модернизированных схемах на равных с новыми. Именно поэтому можно с уверенностью утверждать: не все классические методы водоподготовки устаревают. Как правило, значительно раньше устаревают и требуют модернизации оборудование, технические средства, системы управления процессами.

Методы классифицируются в соответствии с действующим сегодня в России государственным стандартом, введённым в 1984 году и регламентирующим правила выбора источника для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в зависимости от тех или иных показателей качества природной воды. Существуют и более поздние проработки этого вопроса. Однако такого рода документы, с одной стороны, не могут учесть всего многообразия состава воды в разных источниках водоснабжения, с другой стороны — не успевают за разработкой современных методов водоподготовки. Поэтому технологическая схема очистки и реагенты должны подбираться в зависимости от особенностей каждого конкретного водоисточника.

## Чем больше — тем раньше!

В основу создания любой технологической схемы закладывается принцип последовательного удаления примесей по мере убывания их размеров и массы. Другими словами, чем крупнее примесь, тем раньше в последовательности технологических операций она извлекается. Именно поэтому первой стадией обработки воды из поверхностных источников является удаление мусора, льда и других крупных плавающих включений, которые могут нанести существенный урон механизмам, трубопроводам и сооружениям. Для этого, как правило, служат решётки и сита. Процеживание происходит под действием сил тяжести, для удаления задержанных загрязнений применяются специальные системы очистки.

Задача последующих стадий обработки — удаление из воды растворённых и твёрдых примесей. Классическая технологическая схема очистки воды, позволяющая достаточно эффективно удалять их из воды, была разработана в начале прошлого века и базируется на коагулировании и осветлении.

Коагулирование (от лат. *coagulate* — свёртывание, сгущение) осуществляется внесением в очищаемую воду специальных веществ — коагулянтов, в процессе взаимодействия которых с водой образуется хлопьевидный осадок, захватывающий частицы загрязнений, укрупняющий их и способствующий осаждению. В качестве коагулянтов обычно применяются минеральные соли алюминия и железа, такие как сульфат алюминия и полиоксихлорид алюминия, реже — хлорид алюминия и алюминат натрия, хлорное железо и сульфат двухвалентного железа (производство последнего в России не осуществляется).

Осветление, или удаление из воды загрязнений, сформированных в хлопья, на первом этапе производится путём отстаивания. На станциях подготовки питьевой воды применяются отстойники различных конструкций, в которых происходит гравитационное осаждение основной массы загрязняющих веществ: песка, мельчайших частиц глины, планктона, простейших, бактерий и коллоида. В процессе коагуляции и последующего осветления улучшаются не только физико-химические, но и микробиологические параметры воды.



Процессы коагулирования и осветления и в настоящее время сохраняют статус важнейших, что обусловлено их универсальным действием. Применение этих процессов обеспечивает надёжное удаление основной массы загрязнений с минимальными эксплуатационными затратами, даёт возможность эффективно использовать на последующих стадиях очистки методы более глубокого удаления органических веществ и обеззараживания. Недостаток заключается в том, что процессы коагулирования и осветления протекают медленно и требуют объёмных сооружений.

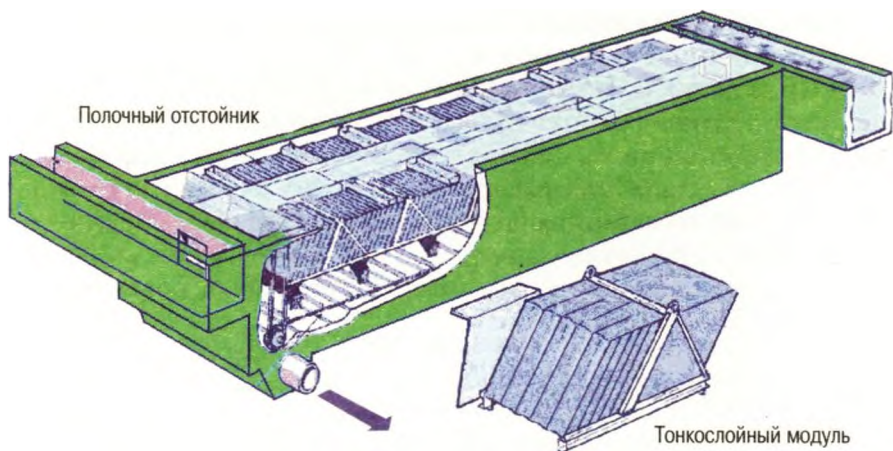
## Замутить, чтобы очистить

Ускорить процесс коагуляции могут различного вида замутнители: частички глины, мелкого песка, а также осадок из отстойников, рециркулируемый специальными насосами. Одним из новых методов ускорения коагуляции является процесс, использующий в качестве затравочных зёрен для хлопьеобразования микропесок.

**Известно**, если в насыщенный раствор поваренной соли поместить нитку либо несколько песчинок, то мгновенно образуются красивые кристаллы соли. Аналогичным образом действие замутнителей основывается на стимуляции процесса хлопьеобразования. Особенно этот приём актуален для природных вод, характеризующихся низкой мутностью.

Утяжелённые хлопья обладают уникальными характеристиками осаждения, что позволяет использовать отстойники с высокими нагрузками и коротким временем пребывания отстаиваемой воды. Площадь, требуемая для размещения установки очистки воды, основанной на процессе коагуляции с микропеском, в 20 раз меньше традиционной системы с обычными отстойниками.

Для повышения эффективности работы отстойников и ускорения процесса отстаивания распространённой практикой стало применение тонкослойных модулей, иначе именуемых полочными модулями или ламелями. Сегодня эта технология применяется как при реконструкции, так и для вновь проектируемых станций водоподготовки. Осаждение взвеси



Отстойник с тонкослойными модулями

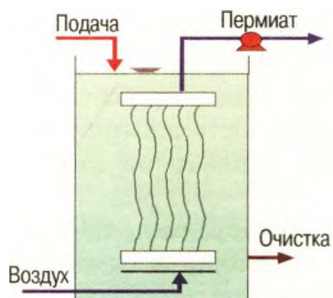
происходит в наклонных элементах (модулях) малой высоты. Модули позволяют, с одной стороны, уменьшить высоту столба отстаивания, а с другой — значительно увеличить рабочую площадь. Это приводит к существенному сокращению процесса отстаивания, обеспечивая быстрое выделение взвеси и её сползание по наклонной плоскости полок в осадочную часть отстойника. Тонкослойные элементы, или блоки, выполняются из мягких или полужёстких полимерных плёнок, в отдельных случаях — из листов нержавеющей стали, соединённых в сотовую конструкцию, или из жёстких листовых материалов в виде отдельных полок.

На некоторых станциях водоподготовки для осветления воды используется способ, противоположный отстаиванию, — флотация, при котором происходит всплытие сформированных хлопьев под действием микропузырьков воздуха, введённого в воду под большим давлением.

В редких случаях отстаивание позволяет получить воду удовлетворительного качества. Как правило, требуется более глубокая очистка воды от коагулированных загрязнений, находящихся после отстаивания в виде мелких хлопьев. В классических схемах отстаивание дополняется фильтрацией через слой зернистого материала. Фильтрация (от лат. *filtrum* — войлок) — это процесс разделения неоднородных систем (в нашем случае вода — взвешенные вещества загряз-

нений) при помощи пористых материалов, пропускающих одну фазу (воду) и задерживающих другую (взвешенные вещества). В качестве фильтрующей загрузки используют различные инертные материалы, самый распространённый из них — кварцевый песок. Загрязнённая фильтрующая загрузка не требует специальной регенерации и промывается противотоком фильтрованной воды. После промывки фильтр способен вновь задерживать загрязнения, имеющие свойство прилипать к поверхности зёрен загрузки за счёт сил адгезии. Во многих современных технологических схемах очистки предусмотрен возврат воды после промывки фильтров в начало процесса на повторную очистку, что позволяет сокращать непроизводительные расходы воды.

Зернистые фильтры являются в настоящее время одним из самых технически сложных классических устройств очистки воды. Их эксплуатация требует большого количества переключе-



*Работа погружных мембран*



*Блок кассет погружных мембран  
производительностью 3 тыс. м³ /сут*

чений запорно-регулирующей арматуры, периодической замены хорошо откалиброванной по размеру и плотности фильтрующей загрузки, чёткого соблюдения параметров фильтрования и промывки. Увеличение эффективности работы фильтров достигается путём подбора оптимального размера зёрен и высоты слоя фильтрующей загрузки, конструкции дренажа фильтров, способа и режима промывки.

В настоящее время в профессиональных кругах формируется мнение о том, что процесс классической фильтрации морально устарел и должен быть заменён микрофильтрацией



*Мембранные фильтры на Юго-Западной водопроводной станции Москвы*

на погружных мембранах, работающих под вакуумом. Принцип работы погружной мембраны основан на том, что вода после отстаивания подаётся в открытый резервуар, в котором установлен пакет мембран, подсоединённый к вакуум-наосу. Под действием атмосферного давления вода проходит сквозь поры мембраны, а микрохлопья загрязнений задерживаются на её поверхности. Для очистки мембран используется метод пульсирующей аэрации. Считается, что использование погружных мембран способно сократить время пребывания в отстойниках и увеличить производительность станции водоподготовки при сохранении площади, занимаемой сооружениями, в три раза.

Классическим методом удаления растворённых примесей является адсорбция (поглощение) высокопористыми природными и искусственными материалами. Наибольшее распространение в практике производства питьевой воды нашли активированные угли — продукты термической переработки древесины, ископаемых углей и других органических материалов. Активированные угли эффективно адсорбируют в водном растворе органические загрязнения, придающие воде цвет, привкус и запах. Активированный уголь применяется в виде порошка и гранул. Порошкообразный активированный уголь (ПАУ) дозируется в воду как реагент - в зависимости от концентрации загрязнений.

Эффективность работы активированного угля зависит от:

типа загрязняющего вещества: соединения с большим молекулярным весом и низкой растворимостью лучше адсорбируются;

концентрации веществ, подлежащих удалению: чем выше концентрация, тем больше доза угля;

места дозирования угля: чем больше время контакта очищаемой воды с углём, тем выше эффективность очистки. На практике обычно применяются дозы порошкообразного активированного угля от 5 до 20 мг/л.

**Впервые** активированные угли нашли применение для защиты органов дыхания от паров и газов отравляющих веществ. Простейший пример - противогазы. Имея развитую внутреннюю пористую структуру, угли активно захватывают из окружающей среды молекулы загрязнений. При контакте с водой протекает аналогичный процесс.

Гранулированный активированный уголь (ГАУ) применяется в качестве фильтрующего слоя, через который протекает очищаемая вода. Поскольку в угольных фильтрах происходит не только адсорбция загрязнений на поверхности угля, но и адгезия механических примесей, препятствующих процессу сорбции, перед сорбционными фильтрами необходима предварительная очистка фильтрованием.

Активированные угли — дорогостоящие материалы, поэтому сорбционные свойства ГАУ, после того как его сорбционная ёмкость использована полностью, необходимо восстановить. Регенерация ГАУ, как правило, обеспечивается заводом-производителем. Частота регенераций зависит от качества очищаемой воды. Продление периода работы ГАУ между регенерациями возможно за счёт развития на угле бактериальной биоплёнки. Бактерии окисляют часть органических загрязнений, задержанных углём, осуществляя его постоянную частичную биорегенерацию. Развитие бактерий при использовании гранулированных активированных углей в ряде случаев, кроме положительного эффекта биорегенерации и биосорбции, может приводить к ухудшению микробиологических показателей качества воды после очистки, появлению неприятных запахов и т. п.

Другим классическим методом очистки воды от растворённых соединений является озонирование, которое также применяется для обеззараживания воды. Опыт очистки воды озоном насчитывает более 100 лет с момента первых испытаний во Франции (1886). В России в 1905 году была запущена экспери-

ментальная установка для озонирования воды при Петропавловской больнице Санкт-Петербурга. 1911 год ознаменовался вводом крупнейшей в мире станции озонирования, построенной в Санкт-Петербурге перед Первой мировой войной. Важным отличием озонирования от других методов является то, что озон — очень активный окислитель. Он может применяться на разных стадиях водоподготовки — в зависимости от качества исходной воды. Под его воздействием разрушаются многие соединения, в том числе и те, которые крайне сложно перерабатываются в природе. Например, озон разлагает гуминовые вещества, которые содержатся в плодородном почвенном слое — гумусе. Природная вода, просачиваясь через почву, растворяет составляющие гумуса, приобретая при этом характерное коричневое окрашивание. Озонирование, окисляя гуминовые вещества, обеспечивает прозрачность и бесцветность питьевой воды.

В процессе озонирования окисляются соединения железа, марганца, а также имеющий неприятный запах геосмин — продукт жизнедеятельности сине-зелёных водорослей. Многие одоранты, то есть пахнущие вещества, не представляют опасности для человека, но кому приятно пить воду с землистым запахом или пахнущую плесенью? Поэтому наиболее современные станции очистки воды применяют озонирование, обеспечивающее снижение запахов и привкусов воды, а также её обесцвечивание.

Озон — нестабильный газ, и в настоящее время не найдено способов его промышленного сжижения, хранения и транспортировки на большие расстояния, поэтому озон производят непосредственно на месте применения. Сырьём для производства озона служат специально подготовленный атмосферный воздух либо чистый кислород. Получение озона — процесс энергоёмкий, что обуславливает его высокую стоимость. .

Совместное применение озонирования с последующей сорбцией на ГАУ представляет собой новый перспективный метод очистки воды, называемый озонсорбция, сочетающий преимущества обоих процессов. Озонирование воды, при котором молекулы сложных органических загрязнений окисляются озоном до более простых, обладающих низкой молекулярной массой, способствует повышению эффективности процесса сорбции. Окисление части органики озоном до углекислоты и воды по-

вышает срок службы активированного угля. В то же время активированный уголь удаляет из воды продукты окисления, позволяя вести процесс озонирования в более широком диапазоне концентраций окислителя. Низкомолекулярные органические соединения легко усваиваются микроорганизмами, что способствует биорегенерации угля, продлевая его срок службы.

## Обеззараживание — что дальше?

По завершении процессов очистки вода подвергается обеззараживанию — для уничтожения болезнетворных микроорганизмов: бактерий, вирусов, паразитарных агентов. Эпидемиологическая безопасность питьевой воды — одна из главных целей водоподготовки. Заболевания, связанные с недостаточно эффективным обеззараживанием воды по микробиологическим показателям, могут быть весьма опасными и очень скоротечными, принимать масштабы эпидемий.

Ещё в середине XIX века было замечено, что существует связь между потреблением сырой воды и распространением эпидемии холеры. Бактериальное заражение источников водоснабжения нередко становилось причиной многих массовых эпидемий, охватывавших целые области. Именно такими были в Российской империи эпидемия холеры 1908—1910 годов и брюшного тифа в 1910—1911 годах. Проблемы, возникавшие при микробиологическом загрязнении воды, можно было наблюдать в конце XX столетия, когда человечество столкнулось с эпидемиями холеры в Африке и Латинской Америке, а также криптоспоридиоза в США.

За последние более чем 100 лет учёные и инженеры работали и активно применяли на практике три классических метода дезинфекции воды — хлорирование, озонирование и облучение ультрафиолетом. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки, а потому не может служить полностью универсальным решением для обеззараживания питьевой воды, так называемым решением на все случаи жизни.

Из всех перечисленных методов хлорирование — самое старое и в то же время наиболее распространённое средство обеззараживания воды. Победное шествие хлора по миру началось в

1895 году после удачных опытов с дезинфекцией питьевой воды в Нью-Йорке. Начиная с этого времени учёные и инженеры ведут жаркие споры о целесообразности хлорирования и использовании альтернативных методов обеззараживания. Дискуссии продолжаются и в настоящее время, захватывая всё более широкую аудиторию. раздаются призывы о повсеместном чуть ли не запрете использования хлорирования в водоподготовке и его замене другими, более прогрессивными дезинфектантами: озоном и ультрафиолетом. При этом мало кто из непосвящённых осознаёт, к каким печальным последствиям такие действия могут привести.

Чтобы ответить на вопрос, можно ли исключить хлор из схем подготовки питьевой воды, необходимо для начала разобраться, что же такое хлор и что такое хлорирование? Хлор — химический элемент VII группы Периодической системы, относится к галогенам. В 1811 году английский химик Дэви Гэмфри предложил для этого элемента, открытого ещё алхимиками, название *хлорин* (от греч. *chloros* — желто-зелёный). Именно такой цвет имеет хлор — желто-зелёный газ, в 2,5 раза более тяжёлый, чем воздух.

Когда профессионалы говорят об использовании хлора для обеззараживания воды, имеется в виду именно хлор в свободном, при нормальных условиях газообразном, состоянии. На земном шаре в этом виде он встречается лишь в небольших количествах в среде вулканических газов. В XIX веке учёные-химики разработали методы промышленного получения хлора, а также открыли такое его свойство, как инертность по отношению к железу в отсутствии воды, что дало возможность хранить безводный жидкий хлор в стальных баллонах. Впервые промышленное производство жидкого хлора было налажено в Германии в 1888 году, а его применение для обеззараживания питьевой воды — в 1916 году в Чикаго, после чего способ быстро завоевал признание в Америке. Значительным стимулом развития технологии хлорирования стала разработка способов хранения и транспортировки жидкого хлора в баллонах.

Период с 1910 по 1913 год стал началом развития хлорирования питьевой воды в России: в первую очередь оно нашло применение на городских и железнодорожных водопроводах. В Москве полномасштабное хлорирование питьевой воды



стало применяться с 1916 года на Рублёвской водопроводной станции с использованием раствора хлорной извести. В 1928—1929 годах были сконструированы первые советские аппараты для дозирования хлора и появилась возможность обеззараживать воду газообразным хлором. В настоящее время хлор (довольно часто его называют *хлор-газ*) широко применяется в водоподготовке всех стран мира благодаря высокой растворимости в воде, сильной бактерицидной активности и невысокой стоимости. Основным недостатком использования жидкого хлора — необходимость жёсткого соблюдения правил безопасности при транспортировке и хранении.

Под термином *хлорирование воды* подразумевается использование не только хлора, но и его соединений. Следует отметить, что хлор относится к очень реакционно активным химическим элементам и в свободном состоянии в природе практически не встречается. В виде различных соединений хлор входит в состав более 100 минералов, в том числе поваренной соли, которую мы ежедневно употребляем в пищу. Хлор в виде хлоридов содержится в морской воде (составляет ~1,9%). В засушливых и пустынных районах за счёт интенсивного испарения воды концентрация хлоридов в природных водах сильно повышается. Так образуются солончаки и солёные озёра. Растворы хлоридов — обязательная составная часть живых организмов, участвующая в различных физиологических процессах. Содержание хлора в теле человека составляет 0,25%, в плазме крови - 0,35%. В теле взрослого человека содержится более 200 г хлорида натрия, из которых 45 г растворено в крови. В продуктах питания и природной воде часто недостаточно хлоридов для нормального развития человека, поэтому с древних времён люди подсаливают пищу. Включают хлориды и в рацион животных.

Из всего многообразия соединений хлора для хлорирования воды применяют гипохлориты натрия и кальция, хлорамины, а также диоксид хлора. При попадании этих соединений в воду (за исключением диоксида хлора) начинаются реакции с образованием гипохлорит-иона, который и является основным действующим агентом при дезинфекции хлорированием. Гипохлорит-ион — очень активное вещество, которое поражает ферменты микроорганизмов и вызывает

их гибель. При этом микроорганизмы не удаляются из воды, а инактивируются, то есть теряют свою активность и жизнеспособность.

Гипохлорит натрия — второй по распространённости хлорсодержащий реагент, представляющий собой концентрированный водный раствор с содержанием активного хлора 120—190 г/л. По сравнению с хлором применение гипохлорита натрия для дезинфекции увеличивает стоимость обработки воды. Химизм процесса и технологическая эффективность гипохлорита аналогична хлору. Раствор реагента при длительном хранении (несколько суток и более) способен к разложению, особенно при повышенной температуре, что приводит к снижению содержания активного хлора и росту концентрации хлоритов и хлоратов как продуктов разложения.

Гипохлорит натрия производится промышленностью как целевой продукт путём электролиза поваренной либо морской соли или как побочный продукт при производстве газообразного хлора. На практике гипохлорит натрия целесообразно производить электролизным методом на месте применения, что исключает необходимость его хранения в больших количествах. Однако в этом случае кроме достаточно сложного оборудования для получения реагента недостатком процесса электролиза является образование водорода, что требует обязательного контроля со стороны Ростехнадзора.

Ещё один хлорсодержащий реагент — гипохлорит кальция, представляющий собой порошок с высоким, до 40%, содержанием активного хлора. По эффективности дезинфекции он не отличается от других хлорсодержащих реагентов, однако в связи с высокой стоимостью его применение оправдано в тех случаях, когда требуется транспортировка реагента на значительное расстояние или необходимо длительное хранение. Главное достоинство гипохлоритов — в их большей безопасности по сравнению с хлором при хранении и транспортировке, что в настоящее время оказывается решающим фактором для предпочтительного их применения.

Диоксид хлора (или двуокись хлора) представляет собой нестабильный желтовато-оранжевый газ с неприятным запахом, поэтому его раствор производят непосредственно на месте применения окислением хлорита натрия хлором или соляной

кислотой. Установки для производства двуокиси хлора взрывоопасны, требуют соответствующей защиты и соблюдения мер безопасности. Диоксид хлора разрушает вирусы, бактерии и споры, а также способен разрушать биоплёнки, образующиеся на внутренней поверхности трубопроводов. При обработке воды в определённых режимах образуются токсичные хлориты и хлораты, содержание которых в питьевой воде жёстко лимитируется.

Общая проблема применения хлорирования заключается в возможном появлении тригалометанов (ТГМ) — хлорорганических веществ, обладающих негативным воздействием на организм человека при превышении определённых концентраций. Именно эти вещества компрометируют хлорирование (в том числе и хлор) в среде учёных, гигиенистов, специалистов по водоподготовке и общественности. Уже в середине 1970-х годов обследование водопроводов в разных странах на содержание хлороганики выявило широкий спектр этих веществ в водопроводной воде. Последующие исследования позволили установить их предельно допустимые концентрации, определить условия возникновения и найти методы борьбы с образованием ТГМ. Выяснилось, что тригалометанам предшествуют безвредные органические вещества природного происхождения, которые, вступая в химические реакции с гипохлорит-ионом, и образуют токсичный продукт. Снизить образование токсичных продуктов можно за счёт перевода гипохлорит-иона в менее реакционноспособные хлорамины или понизив концентрацию органических соединений на предыдущих стадиях очистки.

Хлорамины представляют собой соединения хлора с ионом аммония, по отношению к ним применяется также термин *связанный активный хлор*. Процесс взаимодействия хлора с аммоний-ионом протекает быстрее, чем с органическими соединениями. При достаточной концентрации аммонийных солей в очищаемой воде или специальном их дозировании в процессе хлорирования на первой стадии происходит образование хлораминов и только потом взаимодействие с органическими веществами. Хлорамины обладают более низкой окислительной способностью и практически не образуют тригалометанов при взаимодействии с природными органи-

ческими соединениями. В то же время хлорамины обладают значительно меньшей, чем гипохлорит-ионы, бактерицидной активностью, что требует повышенных доз реагентов и более длительного контакта с обрабатываемой водой. Существенным положительным свойством хлораминов является долгое сохранение в воде их остаточных количеств, что позволяет поддерживать требуемое качество питьевой воды в протяжённой водопроводной сети.

От использования жидкого хлора необходимо по возможности отказываться и переходить на более безопасный гипохлорит натрия, хотя вопрос образования тригалометанов полностью не снимается. Решение о целесообразности применения хлорирования должно решаться в каждом конкретном случае.

**В Руководстве по контролю качества воды** Всемирной организации здравоохранения особо подчеркивается, что «риск, обусловленный побочными продуктами хлорирования, для здоровья чрезвычайно мал по сравнению с опасностью при недостаточном обеззараживании, и поэтому важно, чтобы контроль за образованием побочных продуктов не шёл в ущерб дезинфекции».

В качестве альтернативы может быть предложено озонирование или ультрафиолетовое обеззараживание.

Озонирование, имея неоспоримые преимущества перед хлорированием, имеет существенные недостатки: высокую стоимость, отсутствие пролонгированного действия и способность к образованию в определённых условиях токсичных для человека продуктов окисления. Последняя проблема аналогична проблеме образования тригалометанов и может быть решена путём применения озонсорбции. Высокая стоимость также не должна быть препятствием внедрению метода, поскольку на чаше весов — здоровье людей.

Проблема обеспечения пролонгированного действия не может быть решена с использованием озонирования, поскольку молекула озона является нестабильной и быстро разлагается в водных растворах. Другими словами, озон очень быстро исчезает из воды и, в отличие от хлора, не может поддерживать бактерицидный эффект при транспортировке воды по протяжённой распределительной сети.

Способность к уничтожению бактерий ультрафиолетовым облучением была выявлена в 1877 году, а в 1910 году в Германии и Франции были запущены первые УФ-установки. Вода, проходя через камеру обеззараживания, непрерывно подвергается облучению. Обеззараживающий эффект УФ-излучения обусловлен фотохимическими реакциями, в результате которых происходят необратимые повреждения ДНК, РНК и клеточных мембран микроорганизмов, что в итоге вызывает их гибель.

Ультрафиолетовое обеззараживание применяется во многих странах мира. В качестве примера можно привести Форт-Бентон в США, где современные бактерицидные установки применяются с 1987 года для обеззараживания очищенной воды реки Миссури. Тогда же в Англии компанией Thames Water была запущена система ультрафиолетового обеззараживания производительностью 55 тыс. м<sup>3</sup>/сут на воде реки Темзы. С 1998 года УФ-облучение применяется как последняя ступень очистки на сооружениях питьевой воды в Хельсинки. Производительность двух финских станций составляет 300 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Целый ряд комплексов УФ-облучения воды как подземных, так и поверхностных источников используется в нашей стране. Можно упомянуть УФ-комплексы, установленные в Дмитровграде (45 тыс. м<sup>3</sup>/сут), Нефтекамске (34,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут) и в Ингушетии (72 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Продолжительное время эксплуатируются крупные станции УФ-обеззараживания, работающие на поверхностной воде в городах Отрадный (75 тыс. м<sup>3</sup>/сут) и Тольятти (405 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Все станции водоподготовки Санкт-Петербурга оснащены УФ-установками.

Обработка воды ультрафиолетовым излучением является одним из наиболее изученных и опробованных в многолетней практике методов обеззараживания. Для его реализации требуются сравнительно небольшие затраты электроэнергии. Большое преимущество заключается в том, что УФ-облучение воды, в отличие от озонирования и хлорирования, не вызывает образования побочных продуктов. При этом ультрафиолет отличает высокая эффективность уничтожения вирусов и простейших. Однако так же, как и в случае озонирования, пролонгированное дезинфицирующее действие у этого метода отсутствует.

Методы дезинфекции питьевой воды,  
применяемые в крупных городах мира

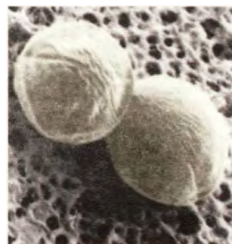
Город	Хлорирование	Озонирование	Ультрафиолетовое обеззараживание
Амстердам	Не применяется	Применяется	Не применяется
Стокгольм	Хлораммонизация (гипохлорит натрия) на одной станции производительностью 6 тыс. м <sup>3</sup> /сут	Не применяется	Применяется на одной станции производительностью 6 тыс. м <sup>3</sup> /сут
Хельсинки	Хлораммонизация (гипохлорит натрия)	Применяется	Применяется
Берлин	Не применяется	Применяется	Не применяется
Лондон	Применяется	Применяется	Не применяется
Мадрид	Применяется	Не применяется	Не применяется
Роттердам	-	Применяется	Применяется
Париж	Применяется	Применяется	Применяется на одной станции производительностью 340 тыс. м <sup>3</sup> /сут
Москва	Применяется	Применяется	Не применяется
Стамбул	Применяется	Применяется	Не применяется
Тегеран	Применяется	Применяется	Применяется
Токио	Применяется	Не применяется	Не применяется
Шанхай	Применяется	Не применяется	Не применяется
Лос-Анджелес	Применяется	Не применяется	Не применяется
Нью-Йорк	Применяется	Применяется	Ввод в 2011 году
Форт-Бентон (США)	-	-	Применяется
Мехико	Применяется	Применяется	Не применяется
Иоганнесбург	Применяется	Применяется	Не применяется
Каир	Применяется	Не применяется	Не применяется

Единственный метод, сохраняющий длительный дезинфицирующий эффект, — только хлорирование, что особенно актуально для водопроводов с протяжённой сетью. Негативным последствием применения методов озонирования и УФ-обеззараживания без хлорирования может стать вторичное заражение питьевой воды в распределительной сети патогенными микроорганизмами, способное привести к массовому заболеванию людей. В целях обеспечения микробиологической стабильности воды, подаваемой потребителю, и исключения инфекционных заболеваний водной этиологии применение ультрафиолета и озонирования для питьевого водоснабжения должно всегда сочетаться с хлорированием. Именно поэтому самым распространённым средством дезинфекции питьевой воды в мире остаётся хлор.

Решение проблемы образования хлорорганических соединений должно приниматься индивидуально для каждой станции водоподготовки с учётом всех особенностей технологической схемы. При этом основными направлениями являются внедрение хлораммонизации в качестве первоочередных мероприятий и в конечном счёте проведение модернизации с обеспечением снижения содержания органических веществ перед хлорированием.

Поскольку дезинфекция воды любым сильным окислителем имеет негативные последствия, технология очистки воды должна быть организована так, чтобы при обеспечении необходимой степени обеззараживания содержание побочных продуктов оставалось в пределах установленных нормативов. В современных перспективных технологических схемах методы хлорирования, озонирования и ультрафиолетового облучения должны применяться во взаимном сочетании.

Последние десятилетия XX века характеризовались активным развитием мембранных технологий во всём мире, основанных на процессе фильтрации воды через жёсткую пористую перегородку — мембрану, которая позволяет проникать через неё чистой воде, но задерживает на поверхности вредные бактерии и примеси.



*Бактерии  
на поверхности  
мембраны*

Мембрана в современных установках выполняется в виде полых волокон «типа спагетти» или плоских листов, свёрнутых в рулоны. В зависимости от размера пор различают микрофильтрационные, ультрафильтрационные, нанофильтрационные и обратноосмотические мембраны.

Виды мембран и задерживаемые ими загрязнения в зависимости от размеров пор

Вид мембран	Ориентировочные размеры пор, мкм	Задерживаемые загрязнения
Микрофильтрационные	0,1-1,0	Бактерии, волокна асбеста
Ультрафильтрационные	0,01-0,1	Вирусы
Нанофильтрационные	0,001-0,01	Пестициды, гербициды, соли трёхвалентных металлов
Обратноосмотические	<0,001	Ионы металлов

Нанофильтрационные и обратноосмотические мембраны применяются для опреснения морской и очистки пресной воды, загрязнённой ксенобиотиками (от греч. *xenos* — чужой и *bios* — жизнь — чужеродные для организма химические вещества, появившиеся в результате хозяйственной деятельности человека) с малым молекулярным весом и размером. Метод очистки с применением таких мембран позволяет удалять из воды практически все растворённые вещества, поэтому является наиболее перспективным для создания новой воды из загрязнённой в географических районах с дефицитом водных ресурсов. Однако



Головолоконные ультрафильтрационные мембраны



при применении нанофильтрации и обратного осмоса следует учитывать, что получаемая вода физиологически неполноценна и не может напрямую использоваться для питья. В такой воде отсутствуют микроэлементы, необходимые человеческому организму, поэтому они должны быть добавлены в уже подготовленную воду. Фактически эти методы позволяют сформировать новый состав воды с управляемым качеством.

В мире наиболее распространены ультрафильтрационные мембраны для очистки питьевой воды: свыше 2 млн м<sup>3</sup>/сут питьевой воды проходит очистку с помощью метода ультрафильтрации. За последние 5—10 лет суммарная производительность станций ультрафильтрации в странах Западной Европы и в Северной Америке выросла в 50—100 раз. Ультрафильтрационные мембраны позволяют одновременно сохранить природный солевой состав очищаемой воды и извлечь загрязнения, находящиеся во взвешенном и коллоидном состоянии, в том числе микроорганизмы. Механизм обеззараживания при ультрафильтрации базируется не на дезактивации, а на изъятии микробных агентов. Однако, несмотря на получение почти стерильной воды, не исключается повторное загрязнение микроорганизмами при транспортировке по протяжённой водопроводной сети. Поэтому дезинфекция с применением любого мембранного метода обязательно должна сочетаться с хлорированием.

Загрязнение водоисточников, особенно поверхностных, может быть связано не только со сложившимся техногенным фоном, но и залповыми поступлениями при аварийных ситуациях. Загрязнения могут быть внесены в воду и преднамеренно. Вода может быть отравлена внесением в неё ядовитых или болезнетворных веществ. Понятие водного терроризма вошло в терминологию сегодняшнего дня. Угроза водного терроризма сегодня, как никогда ранее, становится реальностью. Всё чаще мы слышим о том, что в качестве объектов терроризма выбираются объекты водной инфраструктуры. Самая лучшая защита от подобных угроз — уверенность общества в надёжности водопроводной службы, быстрый и эффективный контроль качества воды, оперативное распространение информации. В этом направлении и должны осуществляться превентивные меры, одной из которых может стать получение заблаговременной информации о качестве воды в водоисточниках.

**Исключительно важным** представляется вопрос качества воды, формирующейся в пределах водосборной территории. Загрязнения природного и антропогенного характера могут оказаться лимитирующим фактором надёжного водоснабжения. В 2008 году в Москве введены в эксплуатацию 7 станций автоматического мониторинга, работающих в режиме on-line. Мониторинг является звеном оперативной информации в общей системе наблюдений за качеством воды в источниках водоснабжения столицы, которая включает более 90 основных точек контроля. Система наблюдений позволяет не только констатировать изменение характеристик водных объектов, но и мгновенно выявлять источники поступления загрязняющих веществ в целях своевременного принятия необходимых мер.



Станции водоподготовки:

ВСВ - Восточная, ЗСВ - Западная, РСВ - Рублёвская, ССВ - Северная.  
ЮЗВС - Юго-Западная водопроводная станция

*Схема расположения автоматических станций  
мониторинга качества воды столичных водоисточников*

Во всех случаях система водоснабжения должна обеспечивать выполнение главной задачи — надёжного обеспечения населения безопасной питьевой водой. В этих условиях главной концепцией водоподготовки должно стать создание мультибарьерных технологических схем, включающих несколько ступеней водоподготовки, которые комбинируются в зависимости от сложившейся ситуации и потенциальных угроз водоснабжению.

Благодаря развитию информационных технологий вводимые в строй новые сооружения полностью автоматизированы, широко используют компьютерные технологии и современные приборы. То, что происходит на новейших предприятиях водоподготовки, всё больше напоминает эпизоды из фантастических фильмов о будущем: безлюдные залы, мигающие панели приборов и «умные» механизмы, способные при необходимости самостоятельно принимать технологические решения. Системы автоматического мониторинга непрерывно следят за качеством воды на разных участках её обработки. При обнаружении загрязнений компьютерная система моментально принимает нужное решение, оповещая об этом эксплуатационные службы. И всё чаще в таких системах в качестве сенсоров раннего обнаружения, используются живые существа: моллюски, ракообразные и бактерии.

Технологическая схема и техническое оснащение для каждой станции водоподготовки в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на водоёмы и уплотнения застройки урбанизированных территорий должна разрабатываться с учётом всех особенностей, начиная от качества исходной воды и заканчивая наличием площадей для строительства, а также энергоресурсов в конкретном населённом пункте. Создание современных станций требует всесторонних знаний как об условиях разрабатываемого объекта, так и о новейших мировых технологиях, средствах автоматизации и обработки информации. В этой работе должны объединяться усилия технологов, энергетиков, механиков, специалистов по автоматизации и IT-технологиям. Новые системы водоподготовки должны быть экономичными, экологичными, энергоэффективными, но самое главное — служить защитным барьером для загрязнений любого происхождения, которые по тем или иным причинам попадают или могут попасть в водоисточник.

Инновационные технологии широко используются при подготовке питьевой воды в Москве. Усовершенствована классическая технологическая схема очистки воды. Для эффективного удаления взвешенных и коллоидных веществ применяется целый комплекс коагулирующих реагентов и их сочетаний в зависимости от качества обрабатываемой воды: сульфат алюминия, оксихлорид алюминия, флокулянты (высокомолеку-

лярные соединения, интенсифицирующие процесс коагуляции за счёт механизмов полимеризации). Метод тонкослойного отстаивания, который несколько лет назад представлялся экзотическим и невероятно дорогим, сегодня используется на самой современной в России Юго-Западной водопроводной станции города Москвы. Здесь реализована мультибарьерная схема очистки воды, отличающаяся гибкостью и высочайшей надёжностью. В её составе, помимо отстаивания с тонкослойными модулями, — коагуляция, фильтрование через слой кварцевого песка, две стадии озонирования, сорбция с применением порошкообразного активированного угля, ультрафильтрация с использованием современных полволоконных мембран.

В планах — поэтапная реконструкция всех московских станций водоподготовки с применением современных материалов и механизмов, высокоэффективных методов, позволяющих гарантировать качество питьевой воды независимо от состояния источника водоснабжения. В самое ближайшее время — замена хлора гипохлоритом натрия в полном объёме. Дополнение традиционной схемы очистки воды перспективными экологически безопасными методами, озонсорбцией и ультрафильтрацией, позволит более эффективно удалять биологические загрязнения, побочные продукты обеззараживания, обеспечивать надёжную дезодорацию, тем самым повышая барьерную роль сооружений при залповых техногенных загрязнениях водоисточника.

В последние годы в нашей стране происходят значимые позитивные изменения в экономической и социальной областях, позволяющие делать оптимистические прогнозы по внедрению в практику новейших технологий водоподготовки. Решение задачи — в совершенствовании действующих сооружений и поэтапной реконструкции станций водоподготовки с применением инновационных технологий.

# ЕСТЬ ЛИ АЛЬТЕРНАТИВА?

*Нет товара более простого в подцепке, чем вода.*  
Журнал «Коммерсантъ-Деньги»

## Что в бутылке?

Существует мнение, что альтернативой централизованному водоснабжению может стать производство бутилированной воды. Однако вода централизованных систем служит не только для утоления жажды и приготовления пищи, но и для других жизненно необходимых целей — соблюдения личной гигиены, гигиены помещений, мытья посуды, стирки. Следовательно, применение бутилированной воды не исключает заботы о качестве воды централизованной системы: она должна быть очищена до нормативов, установленных санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами. И пока действует государственная система гигиенического нормирования качества воды для хозяйственно-бытовых целей, рассматривать бутилированную воду в качестве альтернативы водопроводной вряд ли корректно.

В последнее время в Москве был проведён ряд сравнительных исследований качества бутилированной воды, поступающей в продажу, и воды из системы централизованного водоснабжения. Такого рода анализы выполнялись организациями защиты прав потребителей, а также по заказу средств массовой инфор-



*Бутилированная вода в ассортименте*

мации с освещением полученных результатов в публикациях, теле- и радиосюжетах.

Однако прежде чем говорить о результатах анализов, следует познакомить читателя с некоторыми особенностями нормирования качества воды в нашей стране. В соответствии с действующим государственным нормативным документом «расфасованную воду подразделяют на две категории:

первая категория — вода питьевого качества (независимо от источника её получения), безопасная для здоровья, полностью соответствующая критериям благоприятности органолептических свойств, безопасности в эпидемическом и радиационном отношении, безвредности химического состава и стабильно сохраняющая свои высокие питьевые свойства;

высшая категория — вода, безопасная для здоровья и оптимальная по качеству (из самостоятельных, как правило, подземных, предпочтительно родниковых или артезианских, водоисточников, надёжно защищённых от биологического и химического загрязнения). При сохранении всех критериев для воды первой категории питьевая вода оптимального качества должна соответствовать также критерию физиологической полноценности по содержанию основных биологически необходимых макро- и микроэлементов и более жёстким нормативам по ряду органолептических и санитарно-токсикологических показателей».

Под макро- и микроэлементами, для которых установлены нормативы физиологической полноценности, в действующих стандартах подразумеваются общая минерализация, жёсткость, щёлочность воды, содержание кальция, магния, калия, бикарбонатов, фторид- и иодид-ионов. По 40% показателей величина норматива для бутилированной воды первой категории и обычной водопроводной воды совпадает. Основным же декларируемым преимуществом бутилированной воды является нормирование физиологической полноценности её макро- и микроэлементного состава. Это означает, что расфасованная вода должна быть не только безопасной, но и полезной для здоровья человека и содержать оптимальные количества солей, отдельных катионов и анионов, в частности кальция, магния, фтора, йода.

Результаты исследований бутилированной воды, обнаруженные средствами массовой информации, засвидетель-

ствовали наличие проблем с её качеством, в том числе по показателям физиологической полноценности. Так, согласно публикации журнала «Коммерсантъ-Деньги» №12 (667) от 31.03.2008, статья «Питейные заблуждения», образцы воды «Шишкин лес» и Aqua Minerale содержали кальций и магний в количествах менее физиологической нормы; вода BonAqua оказалась искусственно созданной, которую, независимо от источника её происхождения, сначала обессолили, а затем наполнили точно отдозированными микроэлементами. Аналогичные данные были получены при анализе воды «Липецкий бювет», «Калинов родник», «Архыз». При прекрасных данных по большинству нормируемых показателей физиологическая полноценность воды (общая минерализация, жёсткость, щёлочность, кальций и т. д.) оставляла желать лучшего. Даже бутилированная вода под названием «Новотерская горная», по составу похожая на воду природного источника, с нормальным количеством кальция и магния, содержала недостаточно фторидов и при этом характеризовалась сверхнормативной концентрацией лития. Во всех этих случаях анализу подвергалась вода, приобретённая в торговой сети.

В этих же публикациях приведено сравнение расфасованной воды с водой из-под крана. Оказалось, что по большинству параметров московская водопроводная вода не уступает бутилированной, показатели её физиологической полноценности выше, а содержание отдельных микроэлементов (фтора и йода) недостаточно как в водопроводной, так и во многих образцах бутилированной воды. Для сравнения приведём результаты дегустации различных видов питьевой воды, проведённой британским журналом *Decanter* — обычная лондонская водопроводная вода по вкусовым качествам превзошла дорогие элитные марки бутилированной воды!

В Нью-Йорке бар *Via Genova* предлагает своим покупателям воду класса люкс. 80 видов обычной воды продаются по солидным ценам: бутылка 10 Thousand BC от компании *British Columbia* стоит 30 долларов, а бутылочка *Bling Water* стоит 55.

Продукт - ничто, упаковка - всё.

Представляется уместным особо остановиться на искусственном добавлении в воду фторида, поскольку этот микро-

элемент вызывает многочисленные споры и оценивается специалистами неоднозначно. Для расфасованной воды фтор включён в показатели физиологической полноценности. Однако, в отличие от других показателей, для фторида отсутствует информация о негативных последствиях для здоровья, которые могут быть вызваны его недостатком. В то же время при нормировании качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения фториды рассматриваются как токсичное загрязнение, относящееся ко второму, высокоопасному, классу, избыточные концентрации которого вызывают повышенное выведение кальция из организма человека, в первую очередь из костей, изменения в почках и печени и другие нежелательные последствия.

Фторирование воды в системах централизованного водоснабжения как один из методов профилактики кариеса у детей применяется в основном в США и Канаде; в Европе с профилактической целью приняты другие методы; использование специальных фармацевтических препаратов, фторсодержащих зубных паст, жевательных резинок и т. д. Ещё раз повторим, что в России предпочтительным признано внесение оптимальной концентрации фтора при подготовке бутилированной воды, однако в отношении целесообразности фторирования воды для централизованного водоснабжения однозначное решение не принято. Это объясняется тем, что большая доля водопроводной воды расходуется не для питья, а также опасением передозировки этого токсичного соединения.

Из всего сказанного следует вывод о неоднозначности вопроса замены питьевой воды из-под крана водой, расфасованной в тару, поскольку бутилированная вода не удовлетворяет всем потребностям человеческого организма и зачастую не содержит необходимые для организма вещества и элементы — при стоимости на несколько порядков выше. Такая альтернатива может быть принята только как исключительная, временная мера в отдельных населённых пунктах с серьёзными проблемами в работе системы централизованного водоснабжения. Основанием такого решения должна стать комплексная оценка риска для здоровья населения с учётом всех местных факторов — состояния воздуха, питания и т. д.



## Под брендом

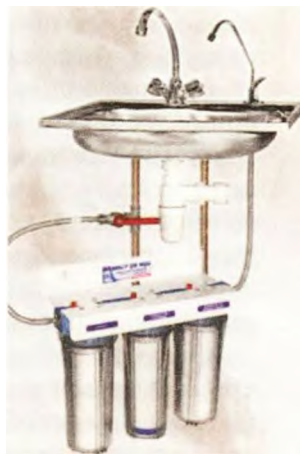
В последние годы в качестве источника получения высококачественной питьевой воды широко рекламируются разного рода устройства для доочистки водопроводной воды — бытовые фильтры для установки как в отдельных квартирах, так и на входе в здание.

В ряде случаев применение доочистных устройств продиктовано желанием улучшить качество воды под действием рекламы. В некоторых ситуациях их использование обусловлено более объективными причинами, например стремлением улучшить вкусовые качества воды. Наиболее обоснованной является необходимость доочистки воды, поступающей из систем централизованного водоснабжения, когда её качество не удовлетворяет требованиям государственных нормативов даже по основным показателям. Во многих населённых пунктах Российской Федерации проблема обеспечения качественной питьевой водой стоит достаточно остро. Недавние исследования качества воды в 184 городах России выявили, что потребители не удовлетворены качеством воды. Основными проблемами отмечены следующие:

старые водопроводные системы, по которым вода поступает в дома, насыщают воду железом, из-за которых она становится ржавой, мутной и неприятной на вкус;

наличие остаточного хлора негативно влияет на вкус воды, несмотря на то, что он обеспечивает эпидемическую безопасность;

жёсткость воды: так, например, показатель жёсткости новосибирской или московской воды (3—3,5 мг-экв./л) оценивается как очень хороший с точки зрения её физиологической полноценности, но для сохранения срока службы, указанного в паспорте дорогостоящих современных бытовых приборов и сантехники, воду необходимо специально смягчать.



*Бытовой фильтр*

Бытовые фильтры, предназначенные для установки как в отдельной квартире, так и на входе в здание, по применяемому способу очистки воды можно разделить на сорбционные, осветлительные и комбинированные. Основными физико-химическими методами, используемыми в бытовых водоочистителях, являются сорбция на пористых сорбентах, фильтрование через твёрдую фазу, включая фильтрование через мембраны, вплоть до обратного осмоса, ионный обмен и обеззараживание различными реагентами.

В качестве основной ступени доочистки в настоящее время широко применяют адсорбцию на гранулированных активированных углях, на углях, модифицированных добавками, на минеральных сорбентах. Сорбционная стадия очистки воды в бытовых фильтрах позволяет освободить воду от остаточного хлора, снизить её мутность и цветность, улучшить запах и привкус, снизить содержание органических веществ, например пестицидов, если они присутствуют в воде.

Однако необходимо иметь в виду, что уголь является прекрасной средой для развития микроорганизмов, к тому же этому процессу способствует периодический режим использования доочистных устройств. По этой причине в доочистных устройствах должно быть предусмотрено подавление микробиологического роста, например, за счёт введения в уголь ионов серебра или обработки воды, прошедшей уголь, ультрафиолетовым облучением.

Серьёзная проблема применения в доочистных устройствах метода сорбции — постепенное накопление загрязнений и затем их резкое вымывание в очищаемую воду, что может привести к многократному превышению допустимой концентрации какого-либо загрязнения в очищаемой воде. Единственным способом исключения этого явления может быть своевременная замена картриджа или всего устройства.

В немалой степени этим обстоятельством обусловлено требование действующего стандарта ГОСТ Р 51871—2002 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы её определения» о необходимости обязательно указывать в технической документации на устройство конкретные загрязняющие вещества, для удаления которых оно предназначено, эффективность его работы и ресурс в разных диапазонах

концентраций. В подавляющем большинстве случаев такая информация отсутствует.

Умягчение воды достигается с помощью специальных материалов, например, ионообменных смол. Однако при этом из воды извлекаются полезные для здоровья микроэлементы — кальций и магний. Дополнительное фильтрование воды освобождает её от нерастворённых частиц, при использовании мелкопористых мембран могут задерживаться даже микробиологические загрязнения. Однако применение нанофильтрационных мембран и тем более обратного осмоса приводит к изменению солевого состава воды, что с гигиенической точки зрения представляется вредным для воды большинства регионов России, поскольку вода теряет физиологическую полноценность.

Коммерческая активность предпринимателей стимулирует производство водоочистителей самого широкого ассортимента. На мировом рынке представлен широкий спектр бытовых фильтров, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями, которые обещают решить все проблемы доочистки воды. Однако каждый из заявляемых методов имеет достоинства и недостатки и предназначен для удаления из воды определённых видов загрязнений. Поэтому в каждом конкретном случае для решения вопроса улучшения качества питьевой воды из-под крана необходимо гигиеническое заключение, содержащее рекомендации по показателям, которые подлежат улучшению, а также нормативам, которым обработанная вода должна соответствовать. Доочистка не должна привести к ухудшению качества воды, например, к излишнему извлечению солей жёсткости при умягчении или обессоливанию из-за использования обратного осмоса. Следует также помнить, что не всегда такие устройства бывают технически доработанными и рекламируемые возможности их далеко не всегда совпадают с действительностью.

Кроме того, доочистные устройства коллективного пользования требуют организации специального обслуживания для своевременной замены исчерпавших ресурс элементов и постоянного мониторинга качества доочищенной воды, — иначе использование оборудования для доочистки приведёт не к улучшению питьевой воды, а к ухудшению здоровья людей.

Как правило, разработчики бытовых фильтров являются их производителями.

Одна из последних инновационных отечественных разработок — фильтр доочистки, выпускаемый фирмой ООО «Холдинг «Золотая формула», с использованием загрузки из углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВР), представляющей собой наноструктурные углеродные комплексы большой удельной поверхности (~2000 м<sup>2</sup>/г). Однако, поскольку углеродный материал чрезвычайно подвержен заселению микроорганизмами, для надёжного обеспечения обеззараживания воды после фильтров из УСВР устанавливаются лампы ультрафиолетового облучения. Установка разработана академиком В.И. Петриком и достаточно широко применяется в Великом Новгороде, Новгородской и Псковской областях, в школьных и детских учреждениях. Основное назначение фильтра — очистка воды от мутности, железа, алюминия, поэтому его применение эффективно там, где для питьевого водоснабжения используется подземная вода без очистки и требуется удаление высоких концентраций железа и обусловленных этим мутности и цветности. Важно, что эксплуатацией всех установленных систем занимается сама фирма-производитель силами штата специалистов по монтажу установок.

Широкий ассортимент на мировом рынке бытовых устройств для очистки воды позволяет подобрать наиболее оптимальный вариант для каждого конкретного случая с учётом особенностей воды. Выбор — за покупателями и пользователями!

## **Небезопасны подземные воды**

Многие уверены, и переубедить их невозможно, что ключевая вода полезнее и вкуснее водопроводной. В Москве, например, дважды в год санитарные врачи проверяют родниковую воду. И каждый раз делают вывод: лучше её не пить. Среди множества московских родников единственным исключением является родник «Царевна Лебедь» в парке «Покровское-Стрешнево». Употреблять воду из него разрешается. Около других родников выставлены шиты с предупреждением, что воду пить опасно. Анализ состава воды в родниках показывает, что она не только



### *Доверять ли роднику?*

не является целебной, но бывает ядовитой. Часто рядом с источниками находятся крупные автомагистрали, гаражи, мусорные свалки. По оценке санитарных служб, качество воды даже в санитарно благополучных родниках изменчиво и зависит от погодных условий. После проливного дождя, в период весеннего снеготаяния в воде может обнаружиться вся таблица Менделеева. Вредные вещества поступят в родник в небольших количествах, а отравят организм человека на всю жизнь.

**В древности**, когда воды были девственно чистыми, люди владели приёмами их обнаружения. Вот, например, как описывает поиск подземных источников Марк Витрувий, римский зодчий и инженер (I век до н. э.): «Надо перед восходом солнца растянуться на земле ничком... и, оперев подбородок о землю, оглядеть окрестности... В тех местах, где заметны волнистые испарения, и нужно рыть...» Приводит Витрувий и некоторые признаки наличия близких подземных вод - там, «где произрастают тонкий камыш, тальник, ольха, тростник, плющ и другие, что не могут зародиться без влаги...»

В сельской местности традиционным источником водоснабжения продолжает оставаться колодец. Деревенские жители считают, что вкусная колодезная вода не идёт ни в какое сравнение с городской водопроводной. Однако качество воды в колодцах — под большим сомнением: водозабор происходит из безнапорных грунтовых вод, которые могут оказаться загрязнёнными. Это во времена былинных богатырей, когда природа была безусловно чистой, испив колодезной водицы, богатырь наливался силой и, подъяв меч-кладенец, шёл на врага. А нынче сырая вода из колодца небезопасна. В былые времена, когда сёла и деревни были многолюдными, а колод-



*Деревенский колодец*

цев в деревне немного, отбор воды шёл постоянно и интенсивно. Сегодня, когда колодцы, как правило, индивидуальные, отбор незначителен — вода застаивается, колодец заиливается.

При строительстве нового загородного дома в местности, где централизованные системы отсутствуют, выбор, что построить, колодец или скважину, во многом определяют возможности кошелька. Устройство неглубокого колодца дешевле скважины. Однако при неблагоприятной местной гидрологической ситуации в него может проникать верховодка вместе со

стоками с поверхности. Кроме того, колодец может начать питаться водой, проникающей (фильтрующейся) через толщу грунта из окрестных рек, озёр, прудов, не отличающихся санитарной безупречностью.

Конструкция колодца зависит от его глубины и состояния грунта. Пропорции для конкретного колодца предпочтительно согласовать с геологом-специалистом по колодцам. Если в прошлом колодец имел деревянный сруб, то теперь наиболее популярным стало строительство из железобетонных колец: из-под нижнего выбирается грунт, и кольца опускаются под собственным весом. Приближение водоносного слоя угадывается по заметному похолоданию — температура воздуха в шахте колодца падает на 1—2 градуса, на стенках появляются мини-роднички. Одно-два кольца устанавливают в водоносном горизонте. Для предотвращения попадания верховодки стыки и щели герметизируют, дно колодца устилается слоем гравия, который служит фильтром для поступающей воды.

Колодец по технологичности уступает скважине. При проходке его шахты могут встретиться так называемые плавуны, когда кольцо прямо на глазах может уйти в сторону. Поэтому при решении вопроса «копать или бурить» необходимо учитывать и это. Устройство колодца на глубину свыше 20 м становится нерентабельным по сравнению с бурением скважины. Так что более приемлемым оказывается устройство скважины. При этом водоочистка и кипячение воды остаются обязатель-

ными. В коттеджных посёлках, удалённых от городских систем централизованного водоснабжения, индивидуальные водозаборные скважины используются всё чаще.

Сегодня по материалам гидрогеологической съёмки можно подобрать водоносный горизонт для индивидуальной скважины. Артезианская вода характеризуется приемлемыми органолептическими показателями и надёжностью в бактериальном отношении, однако в зависимости от горизонта может отмечаться повышенное содержание железа, солей жёсткости и избыточного фтора, что требует очистки для использования такой воды в качестве питьевой.

При решении вопросов индивидуального водоснабжения местоположение скважины определяется исходя из возможностей территории участка. По материалам гидрогеологической съёмки составляется проект скважины, и специальные организации осуществляют бурение. Для подъёма воды из скважины используются погружные насосы.

Отвечая на вопрос, есть ли альтернатива централизованному водоснабжению, можно констатировать, что и бутилированная вода, и бытовые фильтры, и родники, и колодцы, и скважины как альтернативные источники питьевой воды могут рассматриваться только в случаях, когда централизованное водоснабжение отсутствует, и при условии обязательного контроля со стороны санитарных органов и технического обслуживания. Обеспечение населения питьевой водой, соответствующей принятым стандартам и в достаточном количестве, возможно только посредством централизованного водоснабжения.



*Бурение индивидуальной скважины*

# ВОЗРОЖДЕНИЕ ВОДЫ

*Мы делаем воду чистой!*  
Девиз Мосводоканала

## Стекающая вниз

Продукты жизнедеятельности людей на всех этапах развития цивилизации накапливались биосферой нашей планеты. В начале человеческой истории они попадали непосредственно в почву и становились источниками её формирования. В более поздний период с развитием водоснабжения стали возникать канализационные системы. Первыми сооружениями канализации стали так называемые клоаки (от лат. *cloaca* — подземный канал для стока нечистот), которые появились уже в древности в Вавилоне, Карфагене, Иерусалиме, некоторых городах Египта. Наиболее известна Клоака максима (*cloaca maxima* — великая, большая клоака), построенная в Древнем Риме за несколько веков до нашей эры. Перестроенная в начале XX века, она существует по сей день.



*Клоака максима*

Как и водопровод, изначально канализационные системы несли на себе исключительно транспортную функцию, обеспечивали перемещение смешанных с водой продуктов жизнедеятельности человека, в первую очередь от дворцов знати и общественных бань. Использованная вода отводилась по системе самотёчных каналов в ближайший водоём. По мере разрастания поселений сеть самотёчных



водоотводящих каналов развивалась, становясь всё более разветвлённой и протяжённой.

Использованная вода часто применялась для полива сельскохозяйственных культур, так как в ней присутствуют вещества, полезные для растений. Развитие промышленности привело к созданию единой канализационной системы городов, в которую поступали как продукты жизнедеятельности, так и промышленные сточные воды. Объединение этих потоков с атмосферными водами (дождевыми и талыми) завершило процесс формирования городских сточных вод в том виде, в каком мы их имеем сейчас.

**Во время раскопок** на Оркнейских островах у побережья Шотландии учёные обнаружили в каменных стенах домов странные углубления. Оказалось, что они соединялись со сточными канавами. Тогда археологи и предположили, что это - отхожие места. Больше всего удивил исследователей их возраст - 5 тыс. лет. Эти находки эпохи неолита на сегодня считаются самыми древними туалетами. Наш древний предок, перед которым расстилались необозримые просторы девственной земли, был исключительно чистоплотным.

Понятие *сточная вода* первоначально сформировалось как обозначение воды, текущей под уклон (от нем. *abwasser* — вода, текущая вниз). Позднее этот термин приобрёл исключительно негативное звучание и стал фактически тождественным понятию *жидкие отходы*, основную часть которых составляет вода. *Waste water* (сточная вода) с английского языка буквально можно перевести как *вода-отход*. Сейчас этим термином принято называть практически все виды отходов, содержащих воду в концентрации выше 99,9%, стекающих по водоотводящим системам.

Строительство канализационных систем должно производиться одновременно с обустройством водоснабжения, что очень часто не учитывается при планировании развития городов и поселений, а также частными застройщиками. Когда строится новый коттедж или в старый деревенский дом проводится водопровод, как правило, о необходимости канализации вспоминают в последний момент. И хорошо, если канализование такого дома в принципе возможно! В противном случае сточная вода скапливается на участке или направляется в окружающие каналы, вызывая справедливое возмущение соседей. Намного больше проблем появляется у развивающегося населённого пункта,

в котором возведённые новые дома не обеспечены канализацией. В этом случае застройщики предпринимают лихорадочные попытки «втиснуть» образующиеся сточные воды в существующие перегруженные канализационные коллекторы или строят очистные сооружения прямо под окнами новых домов.

Если в городе построена общесплавная система канализации, то в водоотводящую сеть поступают все сточные воды города — бытовые, производственные и дождевые. При полной раздельной системе канализации дождевые и условно чистые производственные воды отводятся по самостоятельной водоотводной сети — водостоку, а бытовые и загрязнённые производственные сточные воды — по канализационной сети. В полной раздельной системе сточные воды, отводимые от жилого сектора, формируют от 70 до 95% расхода. С ними смешивается сточная вода предприятий бытового и коммунально-бытового обслуживания (парикмахерских, прачечных, химчисток, ремонтных мастерских и т. п.), магазинов, предприятий социально-культурной сферы и им подобных. Получаемая смесь называется хозяйственно-бытовыми сточными водами. При наличии в городе промышленности производственные сточные воды также попадают в городскую канализационную сеть. Общий поток представляет собой городские сточные воды.

**То, о чём говорится в описании Парижа XII века, в равной степени можно отнести и к другим городам того времени. «Улицы были немощёными... Сточные воды, смешиваясь с уличной грязью, образовывали большие лужи... Гуси, свиньи и другой домашний скот сновали по улицам, отыскивая себе корм в нечистотах. Содержимое ночных горшков и помои выливались на улицу прямо из окон. Разумеется, дабы не «благословить» незадачливых прохожих, окатив с ног до головы нечистотами, следовало трижды прокричать: «Gare l'eau!» («Осторожно, вода!»)...**

В XVI веке ручей Менильмонтан, впадавший некогда в Сену, был перекрыт сводом и превращён в водосточный канал. В 1857 году в Париже была устроена знаменитая канализационная сеть, построенная по принципу «всё в водосток».

Для хозяйственно-бытовых сточных вод характерны прежде всего загрязнения органического происхождения, содержащие в себе соединения углерода, азота и фосфора как в нерастворённом, так и в растворённом виде. Загрязнения производственных

сточных вод могут быть самыми разнообразными: стоки предприятий пищевой промышленности, загрязнённые органическими веществами, могут иметь низкие значения водородного показателя рН; для стоков предприятий машиностроения характерны тяжёлые металлы, нефтепродукты, фенолы; для лёгкой промышленности — красители; транспорт и строительная индустрия являются источником поступления минеральных взвешенных веществ и нефтепродуктов; сточная вода химических производств содержит практически всю таблицу Менделеева и самые разнообразные органические вещества естественного и искусственного происхождения.

Большая часть органических соединений природного происхождения безвредна для человека и гидробионтов (от греч. *hydor* — вода) — организмов, постоянно обитающих в водной среде. В процессах естественного самоочищения эти вещества перерабатываются до безвредных продуктов — углекислого газа и воды. Поэтому само по себе поступление такого вида органики не нарушает деятельности водных биоценозов и не представляет опасности для людей. Проблемы начинаются тогда, когда количество органических соединений, поступающих со сточными водами, превышает самоочищающую способность водоёма. Происходит снижение концентрации кислорода в воде и, как следствие, гибель рыбы и других живых организмов, использующих растворённый кислород в процессах метаболизма.

Нефтепродукты, даже в небольших концентрациях, образуют на воде характерные плёнки, придающие воде неприятный запах. Синтетические моющие вещества образуют хорошо заметную пену. Многие синтетические органические вещества не могут быть переработаны водными организмами в процессах самоочищения, они попадают в ткани растений и животных, накапливаясь в трофических цепях. При этом концентрация ксенобиотиков в каждом последующем звене цепи возрастает. Как правило, эти соединения, попадая в организм человека даже в микроколичествах, обладают канцерогенными (вызывающими онкологические заболевания) и мутагенными (вызывающими стойкие наследственные изменения) свойствами.

Из неорганических веществ, входящих в состав хозяйственно-бытовых сточных вод, основную опасность для

окружающей среды представляют биогенные элементы. Нарушить жизнедеятельность молоди ценных пород рыб способны тяжёлые металлы. Опасность сточных вод, прежде всего хозяйственно-бытовых, заключается в их высокой загрязнённости бактериями, вирусами, простейшими и яйцами гельминтов.

Небольшая часть загрязнений может быть выведена из водоёма или связана в безопасные нерастворимые соединения процессами самоочищения. Увеличение сброса веществ, негативно влияющих на санитарно-экологическое состояние водоёмов и их самоочищающую способность, приводит к необходимости дополнения системы водоотведения сооружениями очистки сточных вод. В настоящее время канализация представляет собой высокотехнологичный комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих возрождение и вторую жизнь воды в природе после её использования человеком.

## Капризная биология

Очистка сточных вод, как и водоподготовка, представляет собой совокупность технологий и методов. Начальным этапом является удаление крупных включений путём процеживания через механические решётки, устанавливаемые в подводящих каналах. Удаление быстрооседающих включений, в основном песка, производится в песколовках. Попадание отходов и песка на последующие стадии очистки приводит к разрушению движущихся частей механизмов и засорению ёмкостей, трубопроводов и каналов. Чем эффективнее эти загрязнения выделены из воды на начальном этапе, тем ниже затраты на эксплуатацию всего комплекса очистных сооружений. В результате первичного отстаивания из воды выделяется большая часть нерастворённых загрязнений в виде так называемого сырого осадка.

Биологическая очистка — основная, наиболее важная стадия очистки городских сточных вод. Без преувеличения, биологическая очистка — одно из важнейших изобретений человечества. Как и многие другие великие изобретения, она была подсмотрена у природы: процесс биологической очистки сродни процессам самоочищения в естественных водоё-



*Сооружения биологической очистки: отстойники и аэротенки*

мах — реках, ручьях, озёрах, однако скорость этих процессов многократно увеличена благодаря специально разработанным технологиям. Главная роль в биологической очистке принадлежит активному илу — сообществу микроорганизмов, которые используют загрязняющие вещества, находящиеся в сточной воде, в качестве своего питания. В процессе дыхания микроорганизмов вредные органические вещества окисляются, и происходит их распад. Выявлены два важных свойства природных микроорганизмов: первое — способность образовывать флоккулы, получившие название «активный ил», который в состоянии покоя может быстро оседать; и второе — способность прикрепляться к твёрдым поверхностям, образуя биоплёнку. При запуске новых очистных сооружений активный ил и биоплёнку наращивают непосредственно из микроорганизмов, находящихся в сточных водах. Следует отметить, что болезнетворные микроорганизмы не находят себе места в составе активного ила: они адаптированы к условиям жизни в организме человека.



*Активный ил  
под микроскопом*

Для успешной жизнедеятельности активному илу необходимы: достаточное количество воздуха для окисления загрязнений, хорошее перемешивание, эффективное отделение от очищенной воды; для работы биоплёнки, кроме того, специальные загрузочные материалы с удобной для обрастания развитой поверхностью. Потребляя загрязнения, активный ил или биоплёнка увеличивается в объёме и должны в этом же количестве выводиться из системы очистки. Так образуется второй вид осадка в классической технологии очистки сточных вод — избыточный активный ил.

Микроорганизмы, необходимые для очистки сточных вод, культивируются в биологических очистных сооружениях — биореакторах. Наиболее известные из них — аэротенки, фактически представляющие собой окислительные резервуары, в которые через специальные устройства — аэраторы подаётся воздух. Циркулирующий в аэротенках активный ил окисляет органические вещества и аммонийный азот. Далее, поступая во вторичные отстойники, активный ил флокулирует и оседает на дно, а очищенная вода сбрасывается в водоём или направляется на дальнейшую доочистку.

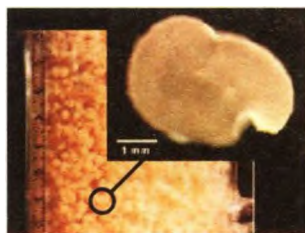
Важно понимать, что активный ил или биоплёнка — это огромный живой псевдоорганизм, состоящий из бесчисленного множества микроорганизмов, который нельзя выключить, вывести в резерв или поместить на склад. Его возможности отнюдь не безграничны. Многие органические вещества техногенного происхождения, поступающие с промышленными сточными водами, оказывают на ил токсическое воздействие — после этого он может довольно долго плохо справляться с нагрузкой. И наоборот, его можно перекармливать, если, например, сбрасывать в сточные воды, в особенности залпами, неочищенные стоки молочных и пивоваренных производств, тогда произойдёт вспухание ила, и он гораздо хуже будет оседать и отделяться от очищенной воды. Такая проблема характерна для небольших и средних населённых пунктов с развитой пищевой промышленностью. Если не принять меры по созданию сооружений локальной очистки, такие предприятия не позволят городским сооружениям нормально работать.

Сегодня в мире ведутся масштабные исследования по улучшению условий работы активного ила. Одним из последних

инновационных, воистину революционных, достижений стала разработка метода очистки гранулами, состоящими из аэробных бактерий. В конце 1980-х годов аналогичным по значимости стало открытие анаэробных гранулированных илов. Аэробные и анаэробные илы состоят из принципиально разных видов бактерий. Аэробные бактерии (от греч. *aer* — воздух и *bios* — жизнь) способны использовать в процессах жизнедеятельности кислород, растворённый в воде, анаэробные (*an* — отрицательная частица в греческом языке), наоборот, способны существовать только при отсутствии кислорода. Анаэробные микроорганизмы используются в очистке сточных вод и обработке осадков для превращения органических веществ в метан. Внедрение анаэробных гранулированных илов позволило в десятки раз сократить размер очистных сооружений производственных стоков пищевой промышленности, для которых характерно высокое содержание органики. Результатом открытия этих гранул стало массовое строительство анаэробных реакторов по всему миру. В Москве анаэробный реактор с гранулированным илом построен на одном из пивоваренных заводов для локальной очистки сточных вод перед сбросом в городскую канализацию.

Аналогично, высокая плотность аэробных гранул позволяет использовать их сверхвысокие дозы и тем самым существенно повысить удельную окислительную мощность биореакторов; обуславливает также большую скорость их оседания и тем самым позволяет сократить размер отстойников-илоотделителей. В конечном счёте затраты на очистку воды могут быть уменьшены в несколько раз. Несмотря на то что процесс ещё не вышел из стадии пилотных испытаний и требуется время для его полномасштабной апробации на производственных сооружениях, можно высказать предположение о его широком применении для очистки городских сточных вод в обозримом будущем.

В целях повышения качества очистки сточных вод в дополнение к активному илу находит применение микрофлора, закреплённая на разных видах плавающей загрузки в биореак-



Типичный вид гранул аэробного активного ила

торах. Первые реакторы с биоплёнкой на подвижной загрузке были построены в 1990 году. В настоящее время процесс получил широкое распространение при обслуживании населённых пунктов с числом жителей от 500 до 375 000 человек. Процесс с использованием пористых загрузок успешно реализован в Германии, Австрии, Японии, Корее. Самые крупные очистные сооружения — мощностью 125 тыс. м<sup>3</sup>/сут — находятся в Аахене (Германия). Процесс окисления аммонийного азота на непористых загрузках прошёл успешные пилотные испытания в Москве, на Курьяновских очистных сооружениях.

В качестве свободно плавающих загрузок широко используются пластиковые материалы с удельным весом несколько ниже, чем у воды, что обеспечивает при обрастании поверхности носителя биоплёнкой плавучесть, близкую к нулевой. Плавающая загрузка представляет собой небольшие элементы различной формы, помещаемые в постоянно перемешиваемую зону биореактора, на которой происходит образование биоплёнки. Обычно загрузкой заполняется 30—60% объёма биореактора. Пластиковая загрузка, работающая в сочетании со свободноплавающим активным илом, позволяет суще-



*Реактор с биоплёнкой на подвижной загрузке*

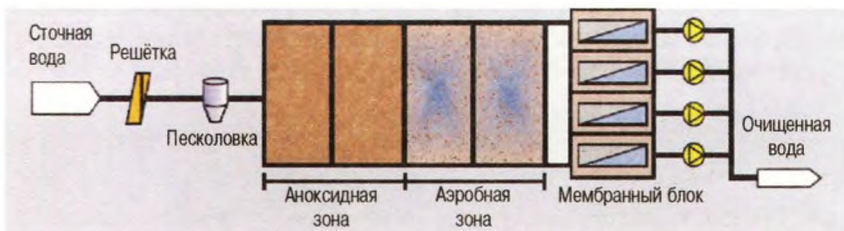
ственно повысить производительность сооружений биологической очистки. Главным отличием реактора с биоплёнкой на подвижной загрузке является возможность её работы без свободноплавающего активного ила, применяемого в традиционном

процессе биологической очистки. В новой технологии отсутствует отстаивание, так как загрузка постоянно удерживается в рабочем объёме реактора специальными сетками. Особенно перспективно использование такого метода для глубокой очистки воды от аммонийного азота.

Итогом разработок в области совместного использования нано- и биотехнологий стал метод биологической очистки в мембранных биологических реакторах: биологическая очистка, как и на традиционных сооружениях, осуществляется активным илом, а отделение ила от чистой воды происходит на



мембранах. Главное отличие заключается в том, что мембраны, не давая илу покинуть реактор, позволяют в высокой степени сконцентрировать бактерии и за счёт этого резко ускорить все проходящие процессы очистки. В результате биологические сооружения с мембранами занимают в 2—3 раза меньше места, чем традиционные.



*Биореактор с выводом очищенной воды из мембранных модулей вакуумным насосом*



*Биореактор с нагнетающим насосом, осуществляющим циркуляцию иловой смеси между биореактором и мембранным блоком*

Мембранные системы могут располагаться как внутри биореактора, так и вне его. В первом случае отфильтрованная вода выводится из фильтрующих модулей отдельным вакуумным насосом, во втором — нагнетающий насос осуществляет циркуляцию иловой смеси между аэротенком и фильтрующим блоком, создавая избыточное давление, необходимое для фильтрации.

В настоящее время станции очистки сточных вод с мембранными биореакторами существуют в США и Италии. Самая большая из них, производительностью 140 тыс. м<sup>3</sup>/сут, — King County (США).

В мембранных биореакторах используются главным образом два типа мембранных систем — полые нити (спагетти) и пластинчатые мембраны. В первом случае вода фильтруется из внешней среды во внутреннюю полость нити диаметром около 1 мм. Полые нити без натяжения крепятся на раму, и их концы соединяются, в результате чего образуется фильтрующий модуль. В случае пластинчатых мембран вода фильтруется во внутреннюю полость мембранной пластины, являющейся самостоятельным модулем, склеенным из двух тонких перфорированных мембран.



*Станция очистки сточных вод в Brescia (Италия)  
производительностью 40 тыс. м<sup>3</sup>/сут*



*Очистные сооружения Sauley Creek (США)  
производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут.  
Стрелкой показано месторасположение мембранного биореактора*

Мембраны в биореакторах способствуют как задержанию активного ила в сооружении, так и дополнительному изъятию загрязнений. Очистка в мембранных биореакторах настолько глубока, что исключает необходимость дальнейшей обработки воды как во вторичных отстойниках, так и на фильтрах доочистки. Качество очищенной воды после мембранно-биологической очистки позволяет использовать её повторно.

## Реклейминг — это по-новому!

Очищенная вода, пригодная для повторного использования, называется восстановленной (*reclaimed water*) или новой водой (*new water*). Реклейминг (от англ. *reclaiming* — восстановление) считается наиболее значимым направлением развития систем водоснабжения и водоотведения для сохранения водных ресурсов отдельных регионов, испытывающих дефицит воды. Основными областями использования восстановленной воды в мировой практике являются: сельское хозяйство (ирригация и полив), энергетика, пожаротушение, полив городских территорий, работа фонтанов, обводнение водоёмов зон рекреации. Реже восстановленная сточная вода используется для смыва туалетов и стирки белья в общественных прачечных.

Повторно, непосредственно в городской квартире, может быть использована вода душевых и ваннных комнат, имеющая минимальное количество загрязнений. Британский студент Питер Брюин изобрёл систему очистки использованной воды душевых, которая устанавливается в ванной комнате. Использованная вода пропускается через фильтры и нагревается до желаемой температуры. Имеется и множество дополнительных функций, например, на панели управления есть кнопка «пауза», которая позволяет остановить подачу воды и дождаться её нагрева до нужной температуры. Предусмотрены также фильтр хлора и водосчётчик, который показывает, сколько воды было использовано при приёме душа. Изобретение Брюина было отмечено в 2005 году призом Британского института стандартов. Пример изобретения британского студента свидетельствует, насколько важно изменение отношения к использованной воде, что позволит превратить один из наиболее значимых отходов жизнедеятельности человечества в практически неисчерпаемый вторичный ресурс — новую воду.

Сельское хозяйство — самая ресурсоёмкая с точки зрения возможности потребления восстановленной воды отрасль. Например, в Египте всё земледелие в отдалении от главной водной артерии — реки Нил — основано на искусственном орошении. Высокая потребность в дополнительном орошении, или ирригации, наблюдается в Ираке — 53% общего потребления сельским хозяйством, Иране — 45%, Саудовской Аравии — 43%,

Пакистане — 42%, Израиле — 38%. Значительная часть сельскохозяйственных угодий искусственно орошается в Китае (68%), Японии (57%), Индии (27%), Таиланде (25%), Сирии (16%), на Филиппинах (12%) и во Вьетнаме (10%). В странах Южной Америки также высока потребность в искусственном орошении: в Гайане — 62%, Чили — 46%.

Имеется также опыт использования восстановленных сточных вод для питьевого водоснабжения в централизованных системах. В силу этических соображений, несмотря на качество восстановленной воды, её подача непосредственно в систему водоснабжения, как правило, не практикуется. Прямое использование восстановленных стоков для нужд питьевого водоснабжения реализовано в Виндхукке (Намибия), где доля восстановленного стока в общей подаче водопроводной воды составляет около 26% (5,5 млн м<sup>3</sup>/год). Для получения соответствующего качества вода после вторичных отстойников подвергается доочистке — восстановлению, проходя следующие технологические стадии обработки: коагуляцию, флотацию, фильтрование на песчаных фильтрах, озонирование, обработку активированным углём, ультрафильтрацию и хлорирование. Необходимо отметить, что за время такой практики, а это свыше 34 лет, не было отмечено ни одного случая негативного воздействия восстановленной воды на здоровье жителей города.

Практика использования очищенной сточной воды в США впервые была применена в 1929 году в Лос-Анджелесе для ирригации газонов в парках и на площадках для игры в гольф. В 1932 году в Сан-Франциско была введена в эксплуатацию первая станция очистки сточных вод, ориентированная непосредственно на подготовку восстановленной воды для повторного использования. В настоящее время практика реклейминга воды в США неуклонно расширяется. Если в 1995 году объём повторного использования восстановленных сточных вод в этой стране составлял 260 тыс. м<sup>3</sup>/сут, то сегодня для различных нужд ежедневно используется около 6,4 млн м<sup>3</sup>/сут. В ряде областей реализована практика непрямого использования новой воды для питьевых нужд, а в Денвере построена станция, предназначенная для реклейминга и последующего использования в быту.

В системах доочистки сточной воды для повторного использования в питьевых целях применяются все доступные техно-

логии, включая обратный осмос и глубокое окисление. Мотивацией такой многоступенчатой очистки является возможность присутствия в сточной воде неизвестных и не контролируемых в настоящее время соединений, которые могут представлять опасность для здоровья людей.

В Австралии, где наблюдается серьёзный дефицит пресной воды, реализован проект станции доочистки сточных вод, где в качестве последней ступени обработки после обратного осмоса используется глубокое окисление ультрафиолетом и перекисью водорода. После очистки вода хлорируется и направляется в резервуары чистой воды для питьевых нужд населения. Производительность станции составляет 90 тыс. м<sup>3</sup>/сут.



Схема обработки повторно используемой сточной воды  
Orange Country Water District Facility (Калифорния, США)

Аналогичная схема используется на станции обработки повторно используемой сточной воды Orange Country Water District Facility в Фонтэн-Вэлли (Калифорния, США). Производительность всей системы глубокого окисления составляет 300 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Источником водоснабжения города служит подземная вода. Однако увеличение дебита скважин приводит к проникновению в водоносные горизонты солёной воды из океана. Для минимизации этого процесса в скважины закачивается сточная вода, прошедшая глубокую очистку.

В Москве практика рекейминга использованной воды города для промышленного водоснабжения осуществляется с 70-х годов XX века. Потребителем восстановленной воды в российских городах могут быть предприятия энергетики, использующие большое количество воды для охлаждения. Восстановленная вода может использоваться для пожаротушения, полива городских территорий. Применение современных методов восстановления качества воды позволяет расширить возможности её повторного использования, повысить само-

читающую способность и рекреационную значимость обводняемых водоёмов, способствовать сохранению качества воды водных объектов.

Практика строительства примитивных и ненадёжных очистных сооружений себя полностью дискредитировала, что особенно остро проявляется в водоохранных зонах источников водоснабжения. В России необходим переход на принципиально новые технологии, обеспечивающие эффективный и надёжный реклейминг использованной воды.

Созданная в середине XX века система очистки сточных вод города Москвы в течение всего периода существования служит положительным примером решения природоохранных задач для многих мегаполисов мира. Курьяновские и Люберецкие очистные сооружения Москвы производительностью 3,125 и 3 млн м<sup>3</sup>/сут соответственно являются крупнейшими в Европе. Постоянное обновление и модернизация сооружений позволяют обеспечивать качество очищенных сточных вод на уровне международных требований, предъявляемых к очищенной воде, поступающей в так называемые «обычные водоёмы».

Как известно, нормирование в странах ЕС производится на основании разделения водоёмов на категории водопользования. «Обычный водоём» — самая распространённая категория, к которой относятся водоёмы, не подверженные эвтрофикации, не рекомендованные для купания и не удовлетворяющие



*Блок удаления биогенных элементов на Люберецких очистных сооружениях*

требованиям, необходимым для развития рыб в естественных условиях. К такой категории отнесено большинство водоёмов на территории Евросоюза.

В настоящее время на московских очистных сооружениях начато внедрение процессов биологической очистки с удалением азота и фосфора и обеззараживания очищенной воды. В 2006 году введён в эксплуатацию блок удаления биогенных элементов на Люберецких очистных сооружениях производительностью 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Это позволило существенно повысить качество очищенной воды до требований второй категории водопользования, установленных в ЕС к так называемым «проблемным водоёмам»: подверженным эвтрофикации, водоёмам с малым расходом природных вод и слабым течением. Для «проблемных водоёмов» дополнительно нормируется два показателя: общий азот и фосфор, нормативы по которым различны в зависимости от мощности сооружений.

С вводом в эксплуатацию крупнейшего в мире комплекса ультрафиолетового обеззараживания производительностью 1 млн м<sup>3</sup>/сут в середине 2007 года очищенная и обеззараженная вода Люберецких очистных сооружений стала соответствовать требованиям ЕС к водоёмам «высшего качества, предназначенным для купания», и по сути является новой водой, пригодной для повторного использования. В соответствии с нормами ЕС, такая вода может успешно применяться для обводнения природных водных объектов.

Очищенная вода московских очистных сооружений по большинству показателей соответствует жёстким российским требованиям для водоёмов рекреационного водопользования, а процесс, реализованный на новых блоках удаления биогенных элементов и ультрафиолетового обеззараживания, фактически является реклеймингом — восстановлением воды для повторного использования в рекреационных целях. В настоящее



*Комплекс ультрафиолетового обеззараживания (на втором плане) на Люберецких очистных сооружениях*

время за счёт сбрасываемых после очистки вод Курьяновских и Люберецких очистных сооружений осуществляется обводнение Москвы-реки в нижнем течении на 50% и её притока Пехорки — в 10 раз по сравнению с величиной естественного расхода.

Реконструкция всех очистных сооружений столицы с внедрением технологий удаления азота и фосфора, а также ультрафиолетового обеззараживания позволит многократно уменьшить концентрацию загрязняющих веществ в воде Москвы-реки ниже выпусков восстановленной воды — по аммонийному азоту и нитритам — в 5—7 раз, по фосфатам — в 2—2,5 раза, по бактериальным загрязнениям — более чем в 1000 раз. Всё это обеспечит новое качество воды Москвы-реки как в черте города, так и в нижнем её течении, улучшит качество жизни москвичей и жителей Московской области, положительно скажется на экологической обстановке в прилегающих регионах.

Пример Москвы может быть использован в российских городах.



# КАК ЖИВЁТЕ, КАРАСИ?

*Природа побеждается только подчинением ей.*

Ф.Бэкон

## Что такое здоровье реки?

Сегодня половина населения Земли проживает в городах. Средняя урбанизированность Европы, Америки, Австралии составляет 70—74%, Азии и Африки - 30—33%. Доля городского населения России по данным 2000 года составляет 73%. Наиболее мощную антропогенную нагрузку испытывают городские реки, которые используются главным образом для рекреации — купания, прогулок на катерах, занятий водным спортом и лишь изредка являются источниками питьевого водоснабжения. Причина — в их загрязнённости, которая зависит от масштабов города и насыщенности промышленными предприятиями и транспортом. Российским законодательством, как и большинством зарубежных, сброс неочищенных сточных вод в черте города запрещён. Однако этот запрет не всегда выполняется.



*Утро городской реки*

Источники воздействия на реку могут быть точечными, например выпуски сточных вод, или диффузными — это дождевые и талые воды, влияние которых рассредоточено. При раздельной системе водоотведения, характерной для большинства городов России, происходит значительное диффузное загрязнение городских рек, поскольку поверхностный сток часто поступает в водо-

приёмники без всякой очистки или с минимальной механической очисткой и поэтому содержит в себе разнообразные загрязняющие вещества, которые попадают в воду из воздуха и городских почв. Для каждого города существует свой биогеохимический фон, связанный с промышленной специализацией. Так, в Москве такие металлы, как цинк, кадмий, медь, никель, хром, свинец, присутствуют в значительных количествах и в городских почвах, и в атмосфере. Городские почвы загрязнены также нефтепродуктами, противогололёдными солями, нетипичными для природных вод органическими загрязнениями. Этим объясняется значительная загрязнённость поверхностного стока. По количеству загрязнений поверхностный сток превышает загрязнение вод, поступающих на городские очистные сооружения.

Именно поэтому решение проблемы сбора загрязнённого городского снега и предотвращение его попадания в реки заметно улучшает качество речной воды и донных отложений. Опыт Москвы подтверждает это. Организация системы снегосплавных пунктов в 2001 году позволила заметно улучшить качество воды в Москве-реке и Яузе за счёт исключения поступления свыше 100 тыс. т в год загрязнений, в том числе свыше 4 тыс. т нефтепродуктов.

Власти любого города должны сделать всё, чтобы река оставалась обитаемой для всех видов населяющих её живых организмов, а проживание на её берегах человека было комфортным. В условиях современного развития оздоровление городской реки должно основываться прежде всего на сокращении сброса загрязнений и интенсификации процессов самоочищения. В каждом конкретном городе в реке-водоприёмнике преобладают точечные либо диффузные источники загрязнения реки-водоприёмника. Управление качеством речной воды для двух ситуаций должно строиться по разным алгоритмам. В первом случае, в соответствии с действующим законодательством, проводится поиск загрязнителя, проверяется соблюдение им установленного норматива сброса, принимаются меры по совершенствованию работы локальных очистных сооружений. Во втором — необходима интенсификация процессов самоочищения в самом водоприёмнике. Однако для этого случая отсутствуют общепринятые алгоритмы управления, а также нормативная база и законодательный механизм.

Чтобы прогнозировать состояние реки в будущем, необходимо знать прошлое и настоящее. Нагрузка на реку меняется вместе с ростом города и развитием его инфраструктуры. В этой связи полезно проследить эволюцию вопроса изучения рек, появления и развития специальных наук о реках. Оценка происходящих внутри самой реки процессов невозможна без изучения вопросов взаимодействия и взаимовлияния речных вод и сбрасываемых канализационными системами. Изучение рек началось ещё в глубокой древности и было вызвано потребностью их использования. В то время вполне достаточными были лишь географические сведения, которые касались характера строения речной сети, направления течения, местонахождения истоков и устьев рек и т. д. Более поздние описания рек и озёр относятся к периоду Великого водного пути «из варяг в греки» и содержатся в дошедшей до нас самой древней Несторовой летописи (XI век), а также новгородских писцовых книгах, где приводятся гидрографические сведения о реках и озёрах, исторические свидетельства о засухах, мелководьях и разливах рек.

Развитие городов на реках привело к использованию рек в качестве приёмников стоков. Появление таких новых видов ремёсел и промышленности, как обработка металлов, выделка кожи и меха, крашение тканей, производство пороха и т. д., обусловило изменение состава стоков. Поначалу промышленные и бытовые стоки оказывали малозаметное влияние на экологическое благополучие водных систем. Однако дальнейший рост промышленности, увеличение водопотребления и загрязнение грунтовых вод бытовыми стоками вызвали появление таких наук, как гидрохимия и гидробиология. В настоящее время основу промышленности городов составляют пищевые производства, машиностроение, металлообработка, электроэнергетика. Всё это определяет чрезвычайное разнообразие загрязнений в городских стоках. Благодаря строительству канализационных систем и очистных сооружений появилась возможность исключить или как минимум сократить сброс неочищенных стоков. Эволюция технологий очистки городских сточных вод в разных городах мира проходила примерно одинаково: механическая очистка (пруд-отстойник) — механическая очистка плюс неполная биологическая (поля фильтрации) — полная биологиче-

ская очистка (комплексы городских очистных сооружений) — биологическая очистка с удалением биогенных элементов и доочисткой. Модернизация очистных сооружений и оборудования, как правило, отстаёт от темпов развития города. Каждый этап внедрения новых технологий длится годами или даже десятилетиями, и зависит от социально-экономических возможностей города. С развитием и совершенствованием системы канализации меняется соотношение неочищенных, очищенных и речных вод.

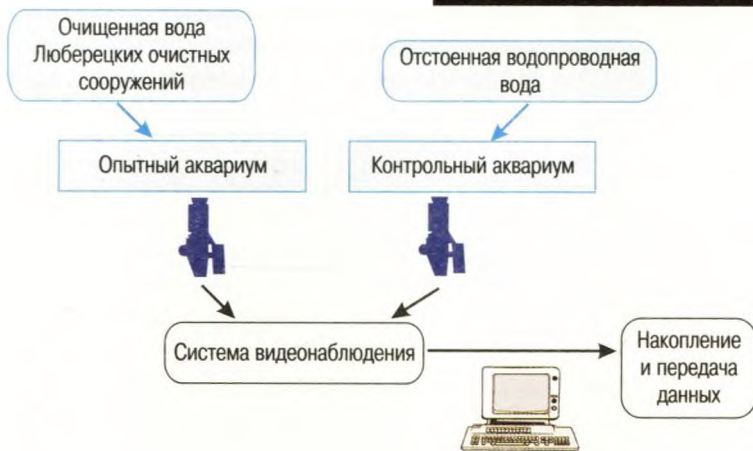
Роль сооружений очистки городских стоков в жизни реки огромна. В случае, когда в качестве очистных сооружений используются поля фильтрации, бытовые стоки подвергаются биохимическому изменению под воздействием почвенных бактерий уже на полях: органическое вещество окисляется, происходят процессы аммонификации, нитрификации, денитрификации. В реке процесс окисления органического вещества продолжается, его интенсивность определяет содержание кислорода, который влияет на структуру биоценоза реки (от лат. *bio* — жизнь и греч. *koinos* — общий). Поля фильтрации имеют выраженную сезонную динамику эффективности очистки в связи с замерзанием их в зимний период и оттаиванием весной.

Использование интенсивных методов по принципу полной биологической очистки городских стоков значительно улучшает качество очищенной воды. Важно обеспечить содержание в ней растворённого кислорода не менее критического значения — 4 мг/л. Очистка на таких сооружениях происходит равномерно круглый год. При биологической очистке происходит удаление 97% органических веществ, 20—35% соединений азота, 30—50% соединений фосфора. Технологические процессы на очистных сооружениях, осуществляемые за счёт специфических сообществ живых микроорганизмов, сродни природным, вследствие чего потоки сбросов очистных сооружений способны встраиваться в существующие природные. Очищенные воды несут в реку живые организмы, которые вместе с гидробионтами реки ниже выпуска формируются в особый биоценоз, уже отличающийся по структуре от речного. Функционирование нового биоценоза определяет эффективность процессов самоочищения.

## Диагноз реке

В ответ на внешнее «возмущение» перестройка биоценоза может происходить от суток (и даже часов) до десятилетий и веков. Оценка состояния реки-водоприёмника может проводиться двумя принципиально различными способами. Первый — непосредственное физико-химическое изучение состава воды, донных отложений, воздушных масс над водоёмом и т. д., сравнение полученных данных с эталонными показателями. Этот способ наиболее известен и применяется для контроля качества рек-водоприёмников и стоков повсеместно, где существуют лаборатории контроля качества вод. Существует набор обязательных для контроля показателей, данные по которым поступают в региональные и государственные службы по формированию баз данных. Однако для каждой реки выбираются и индивидуальные показатели в соответствии с набором источников загрязнения.

Вторым способом оценки состояния водоёма является биоиндикация — оценка качества воды по структуре биоценоза, показателям ко-



*Аквакомплекс для гидробиологического контроля токсичности очищенной воды*

личественного развития видов организмов или их сообществ, которые способны поглощать и накапливать токсические вещества и в силу этого быть биологическими индикаторами загрязнённости воды конкретным веществом. Использование метода биоиндикации позволяет решать задачи экологического мониторинга в тех случаях, когда суммарное влияние антропогенных факторов на биоценозы нельзя измерить непосредственно. Метод позволяет прогнозировать состояние всей экосистемы в ближайшем и отдалённом будущем. Именно с использованием такой оценки был разработан комплекс научно обоснованных природоохранных решений для озера Байкал, рек Невы, Чапаевки, Москвы и др.

В последние десятилетия для оценки состояния водных объектов всё шире применяется биотестирование, когда в качестве тест-объекта вместо аналитического прибора используется живой организм. Для биотестирования используются различные гидробионты — водоросли, микроорганизмы, беспозвоночные, рыбы. Примером удачного использования биотестирования может служить производственный мониторинг токсичности очищенных вод в режиме on-line на Люберецких очистных сооружениях Москвы, где в качестве тест-объекта используется стерлядь, помещённая в аквариумы.

Более убедительным тестом здоровья реки является состояние её рыбного населения, обитающего в естественных условиях. Не многие мировые мегаполисы могут похвастаться наличием столь уникальных видов фауны, как в водоёмах российской столицы. В Москве-реке живёт много таких видов рыб, которых вполне можно рассматривать как биоиндикато-



*Угорь*



*«Стеклянные» угорьки*

ры качества воды. Среди них и виды-пришельцы, например речной угорь. В естественных условиях угорь откладывает икру в Атлантике, в Саргассовом море, в районе Бермудских и Багамских островов на больших глубинах. Его личинки кочают в течение двух лет в потоках Гольфстрима и прибывают к берегам Европы в виде маленьких «стеклянных» угорьков. Именно эти прозрачные угорьки и были поселены в московские водохранилища, где выросли в огромных полуметровых хищников, постепенно перемещаясь по течению в водные системы города. Поскольку из Москвы-реки выход в океан сильно затруднён, а в наших условиях угорь не может воспроизводиться, большая часть этой популяции продолжает путешествовать по водным просторам Москвы и Подмосковья. По крайней мере 200—300 экземпляров обитает в Москве-реке в границах города. Рыба очень живописна и похожа на мощную неведомую змею. Для людей неопасна.

Обширные нерестовые угодья многих видов рыб и моллюсков, занесённых в первое издание Красной книги Москвы, сосредоточены в чистых водах Строгинского залива и залива Бездонного в Серебряном Бору, что выше города. Здесь водятся такие ценные виды рыб, как налим, ёрш, сом, жерех, лещ, а также речные раки. Достаточно чистая вода в русле реки до Мневниковской поймы пригодна для жизни многих ценных видов рыб — леща, судака, карпа, жереха. Пойма названа Мневниковской благодаря тому, что в старину здесь был промысел рыбы мня — так называли налима прежние москвичи. Налим является индикатором наличия в водоёме мест, где не бывает очень грязно весной, зимой и осенью и где достаточно прохладно жарким летом благодаря выходам родниковых вод. Налим — единственная речная тресковая рыба. Он проник на территорию северных и центральных областей Европы и Сибири и прижился в пресной воде. Это единственная из всех российских рыб, которая нерестится зимой в самые лютые морозы. Все остальные рыбы дремлют на дне в зимовальных ямах, окутанные илом и слизью. Но в то время, когда налим нерестится, многие рыбы просыпаются, заплывают



*Налим*

на нерестилище налима и лакомятся его икрой, а налимом отвечает им взаимностью весной, во время их нереста. Так осуществляется своеобразный взаимоконтроль численности.

Из Сходни, притока Москвы-реки, спускается форель, которая в разные годы «убегала» из Сходненского форелевого хозяйства. Эта редкая рыба является индикатором высокого качества воды. Следует отметить, форелевое хозяйство расположено ниже сброса воды Зеленоградских очистных сооружений. Не это ли показатель качества очищенной воды?



Бычок-подкаменщик



Бычок-цуцик

#### Одним из инструментов мониторинга

столичных водоёмов является бычок-подкаменщик. Этот вид занесён даже в Красную книгу Подмосковья. Бычок-подкаменщик - рыба с особенным поведением: она никуда не уходит из понравившегося ей уголка реки, находит подходящий камень и сидит на одном месте. Но если происходит загрязнение воды, даже единственный локальный выброс, такая рыба почти всегда погибает.

Водится в Москве-реке ещё несколько видов бычков, например бычок-цуцик, который появился в качестве незваного гостя из Азовско-Черноморского бассейна, возможно на днище какого-нибудь судна, поскольку у этого вида есть присоска.

Ближе к юго-восточной границе столицы, ниже выпуска Курьяновских очистных сооружений, отмечается высокая плотность и разнообразие рыбного населения. Здесь водятся обычные речные рыбы: окунь, плотва, серебряный и золотой карась. Немало жереха, единственного среди карповых настоящего крупного хищника, который достигает почти метровой длины и массы до 5—6 кг. Имея беззубый рот, жерех питается небольшими рыбками, которых, как правило, оглушает ударом хвоста, а потом подбирает. Немало и судака. Сюда заходят многие рыбы из Подмосковья — в поисках кормовых уголков речных угодий. Исследование рыбных популяций в районе выпуска Курьяновских очистных сооружений показало, что физиологическое состояние рыб нормальное, причём значительной частью рациона всех видов, обитающих в данном месте, является активный ил очистных сооружений.



В Москве-реке прежде водилась стерлядь, но сегодня её самовоспроизводство прервано. С 1990—2000-х годов стали возрождать этот утраченный местный исконно русский столичный вид рыбы. На сегодняшний день рыбаками-любителями выловлено не менее 16 экземпляров стерляди в Строгинской пойме.



*Жерех*

## **Только в подражании природе!**

Наиболее адекватные оценки экологического состояния рек и возможность прогнозирования могут быть сделаны только при наличии долговременных наблюдений. Главный вывод, к которому человечество уже пришло, в том, что только полноценное функционирование биоценоза способно очистить реку от всех загрязнений и сделать её здоровой. Биота Земли перерабатывает колоссальный объём информативных потоков, когда каждый микрон земной поверхности контролируется сотнями независимых организмов, каждая клетка которых несёт колоссальные потоки информации. Человечеству не осилить такой объём информации, тем более управлять им.

Гидробионты в реках и водоёмах города выполняют рекреационную, очистительную и биоиндикационную функции. Наличие разных видов рыб, в том числе хищных, свидетельствует, что в реке присутствуют все необходимые живые организмы, от бактерий до рыб, способные обеспечить интенсивное удаление органических веществ.

Создание природно-техногенных структур, частью которых должны быть очистные сооружения, невозможно без подражания природе. К сожалению, не всегда создатели инженерных систем учитывают фактор рациональности, присущий природе, особенно при проектировании и строительстве крупных городов. С развитием новых технологий очистки и внедрением их в городское хозяйство задача интенсификации самоочищения реки становится крайне актуальной. Негативное отношение к изменению водного, теплового балансов городских водных систем должно быть заменено конструктивным поиском

оптимального использования этой дополнительной энергии, поступающей в экосистемы рек-водоприёмников. Известно, что повышение температуры ускоряет биохимические процессы. Именно поэтому в городской реке, где в зимний период температура речной воды не опускается ниже  $+8^{\circ}\text{C}$ , процессы самоочистения протекают круглый год почти с равной интенсивностью.

Разработка подходов к формированию благоприятных условий для человека, проживающего на берегах рек и водоёмов, и одновременно для живых организмов, связанных с водой, — задача важная и неотложная. Её решение не может быть универсальным и должно вырабатываться для каждого города отдельно, поскольку в каждом водоприёмнике существуют как свой естественный режим функционирования, так и своя специфика антропогенных нарушений. При этом биологически очищенные воды также являются следствием работы водно-ресурсной системы конкретного города. От комбинации этих составляющих зависят процессы самоочистения и структурно-функциональные показатели биоценоза реки.

Но в этой связи возникает противоречие. Современные очистные сооружения ориентированы на внедрение уже опробованных технологий и готовых технологических схем. Тиражирование чужого, пусть даже и самого передового, опыта может обернуться неэффективностью работы всей системы в целом. Стимулирование самоочистения в реке сродни укреплению иммунитета в живом организме. Об этом необходимо помнить при выборе технологий и решать проблему в увязке с состоянием конкретного водного объекта. В любом случае использование потенциальных возможностей биологически очищенных вод в интенсификации самоочистения позволяет не только оздоровить городскую реку, но и снизить материальные и энергетические затраты на очистку стоков.

Какой река будет завтра, зависит от того, что мы предпримем сегодня.

# ВОДА НОВОГО ТЫСЯЧЕЛЕТΙΑ



# КРУГОВОРОТ воды НА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

*Из космоса смотришь на Землю - сплошная вода!..  
Побывав в космосе, нам посчастливилось увидеть воду  
не только разной, но и ощутить её по-другому...*  
П.Р. Попович

## С космонавтом на борту

Вода, являясь основой жизни на Земле, не теряет своего значения в искусственной среде обитания на пилотируемых космических аппаратах. Она нужна экипажам орбитальных станций для питья и приготовления пищи. На электролизе воды основано производство кислорода для дыхания в длительных полётах. Обеспечение гигиенических нужд человека в космосе, полив растений в космических оранжереях — всё это также не может обойтись без воды.

Пребывание человека на космической станции связано с комплексом систем жизнеобеспечения, основанных на массообмене веществ, потребляемых и выделяемых человеком, — подобно круговороту веществ на Земле. Современная техника способна это обеспечить. Такие комплексы являются регенерационными, поскольку основаны на регенерации необходимых для жизни веществ из продуктов жизнедеятельности.

Наиболее совершенный комплекс жизнеобеспечения, основанный на физико-химических процессах регенерации и включающий нереализованные пока в космических полётах процессы (гидрирование углекислого газа, регенерация воды из фекалий), может обеспечить полностью замкнутый круговорот воды на борту — за исключением воды, изначально содержащейся в пищевом рационе. Для планетарных и околопланетных станций при дальнейшем освоении космоса перечень веществ, включённых в замкнутый круговорот, может быть рас-

ширен благодаря освоению биологических процессов производства пищевых продуктов непосредственно на орбитальной станции. Это пути дальнейшего совершенствования. В настоящее же время обеспечение водой любой орбитальной станции складывается из регенерации воды непосредственно на борту космического корабля и использования воды, доставленной с Земли.

**В первые космические полёты** в начале 1960-х годов нам на борт давали родниковую воду, которую специально привозили с Кавказа. Она была в баллонах под давлением. Каждый член экипажа имел свой шланг и мундштук определённого цвета. Хотелось пить - нажимали на кнопку и припадали к шлангу. В сутки каждому полагалось два литра воды. Но во время полёта организм привыкал к невесомости, кровь начинала циркулировать в основном по малому кругу, и пить не хотелось. Перед возвращением на Землю нужно было заставить себя пить воду, чтобы ликвидировать жидкостной дисбаланс и тем самым подготовить организм к посадке. Для этого ели воблу - специально брали в космос солёную рыбу. Зато уж когда приземлялись - воду пили термосами.

Космонавт П.Р. Попович

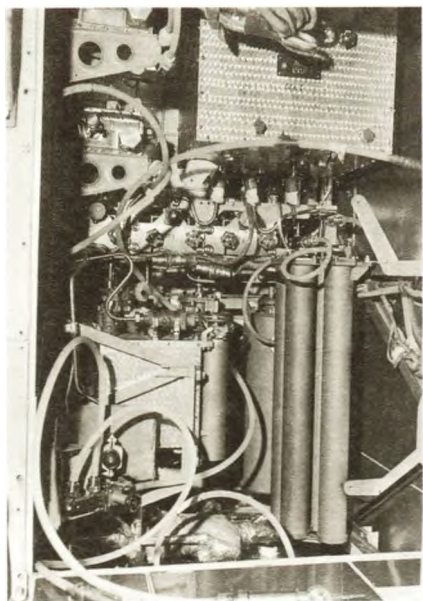
Для экипажа из трёх человек в расчёте на один год полёта необходимо доставить с Земли от 720 л воды (при наличии установок регенерации воды из урины и атмосферной влаги) до 2200 л воды (при регенерации воды только из атмосферной влаги). К доставляемой с Земли питьевой воде предъявляются жёсткие требования — по качеству и способности к длительному хранению в ёмкостях на борту. В России выполнение этих требований доведено до высокого уровня многолетним опытом эксплуатации пилотируемых космических аппаратов. После многочисленных исследований, проведённых Институтом медико-биологических проблем РАН, водопроводная вода из подмосковного города Королёва, получаемая из источника вблизи природного парка Лосиный остров, была признана пригодной и безопасной для водоснабжения пилотируемых станций.

Подготовка воды для космического экипажа происходит на Земле, на специальном участке водоподготовки, где сначала очищается от железа и хлорорганических соединений, фильтруется, освобождаясь от нерастворённых частиц, за-

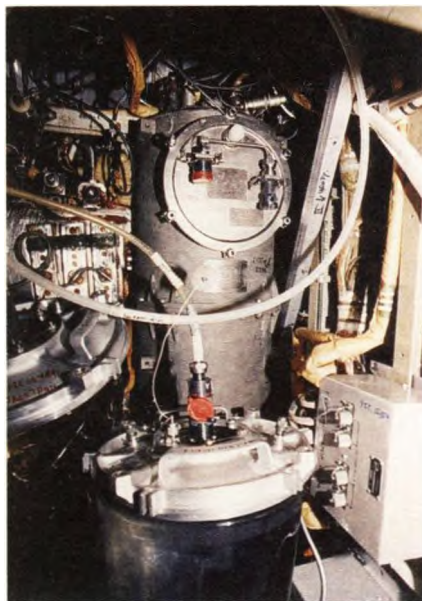
тем насыщается ионами серебра (0,5 мг/л) для обеспечения длительного хранения на борту. На всех этапах приготовления воды — от исходной до подготовленной к доставке на борт — осуществляется физико-химический и микробиологический контроль качества. В специальных заправочных агрегатах вода доставляется на космодром, где производится заправка систем водообеспечения космических кораблей. В качестве материала мягкой оболочки ёмкостей хранения воды в полёте выбран фторопласт, являющийся на сегодня наилучшим в мире материалом для непосредственного контакта с водой. В результате обеспечивается хранение запасов воды на космических станциях без ухудшения качества не менее 3,5 лет.

## Орбитальная вода

Регенерация воды осуществляется на борту. На орбитальных пилотируемых станциях до настоящего времени были



*Система регенерации воды из конденсата*



*Система электролизного получения кислорода из воды*

реализованы два процесса регенерации воды из отходов жизнедеятельности — из конденсата атмосферной влаги и из урины. Пары воды, выделяемые с потом и дыханием в атмосферу станции, конденсируются на холодных поверхностях теплообменников системы кондиционирования воздуха, и конденсат поступает в систему регенерации воды из конденсата, где очищается до кондиций питьевой воды от примесей — прежде всего от органических веществ, выделяемых человеком, и частично технических примесей. Очистка производится аппаратами на разных ступенях тремя способами: каталитическим дожиганием спиртов и альдегидов до растворимых в воде органических кислот; адсорбционным поглощением органических веществ; ионообменным поглощением органических кислот и неорганических соединений. Полученная регенерированная вода доводится до кондиций питьевой добавлением ионов кальция и магния, дезинфицируется и используется в тёплом или горячем виде для приготовления пищи и напитков из сублимированных земных продуктов. Существующие системы обеспечивают 100%-ную регенерацию воды из атмосферной влаги.

Выделяемая человеком урина состоит из воды на 97—98%, и эта вода почти полностью регенерируется — в специальной системе регенерации воды из урины. Последние модификации таких систем основаны на вакуумной пароконденсационной дистилляции и позволяют регенерировать от 80% воды в американской системе UPA до 90% — в российской системе СРВ-УМ.

Водный баланс человека  
в регенерационных комплексах

Потребление воды, л/чел.сутки		Выделение воды, л/чел. сутки	
Питьё, приготовление пищи	2,5	Вода, выделяемая в атмос- феру с потом и дыханием	1,5
Вода, образующаяся при метаболических процессах в организме	0,35	Вода в урине	1,2
		Вода в фекалиях	0,15
Суммарно	2,85	Суммарно	2,85

Количество воды, необходимое для пилотируемого полёта, исходя из всех потребностей на борту, конкретной реализации и технических возможностей регенерационного комплекса

Потребление воды, л/чел. сут		Обеспечение водой, л/чел. сут	
Питьё, приготовление пищи	2,0	Регенерация воды из атмосферной влаги	1,5
Вода в пищевом рационе	0,5	Вода из запасов	0,65
Личная гигиена	0,2	Вода в пищевом рационе	0,5
Смывная вода в туалете	0,3	Регенерация воды из урины	1,35
Вода для электролизного получения кислорода	1,0		
Суммарно	4,0	Суммарно	4,0

Основной принцип — выпаривание воды из урины, конкретные методы — атмосферное выпаривание, вакуумная дистилляция. Полученный из паров урины конденсат доочищается методами адсорбционного и ионообменного поглощения органических кислот с применением аппаратов, идентичных применяемым при регенерации воды из конденсата атмосферной влаги, и может использоваться для электролизного получения кислорода и других технических нужд. Кроме того, пройдя через систему регенерации воды из конденсата, может быть доведён до кондиции питьевой воды — всё это в зависимости от потребностей и ресурсов станции.

**Вода из космоса везде разная.** Тихий океан - голубой, в палитре Атлантического больше бежевого. А Чёрное море... кто только придумал его так назвать? Когда оно в спокойном состоянии, то и впрямь чёрная дыра в Земле! Реки по цвету тоже отличаются. Острова у экватора смотрятся изумрудной каймой. Она же и вокруг Кубы, из-за чего я назвал остров изумрудной ящерицей.

Космонавт П.Р. Попович

В системе электролиза деионизированная вода (или очищенный конденсат) разлагается на водород и кислород, используемый для дыхания. Водород в существующих комплексах жизнеобеспечения удаляется за борт. В перспективе —



использование на борту систем гидрирования углекислого газа, которые будут обеспечивать получение воды в результате химической реакции между водородом и выдыхаемым человеком углекислым газом, производя 0,45 л/сут воды на одного человека. Такие системы принципиально разработаны и испытаны на Земле, дело — за решением отдельных проблем технического характера в условиях невесомости.

Вода на пилотируемой станции подаётся для употребления с помощью гидравлических насосов или путём выдавливания из ёмкостей избыточным давлением с помощью компрессора. При этом независимо от способа перекачки ёмкость для воды должна быть «мягкой», то есть способной менять конфигурацию вместе с изменением объёма воды.

Удобного способа вылить воду из жёсткого стакана в условиях невесомости не существует — определяющими для



*космонавте. Ш. Шарипов демонстрирует отсутствие пузырей воздуха в заполненной водой ёмкости*

поведения жидкости и газа являются силы поверхностного натяжения. Американские ёмкости для воды представляют собой многослойные мягкие сумки с внутренним слоем из полимерной плёнки. Российские ёмкости представляют собой мягкие фторопластовые мешки, помещённые внутрь металлического корпуса. Такая конструкция позволяет использовать для перекачки воды как гидравлический насос, соединив с атмосферой полость между мягким мешком и жёстким корпусом, так и воздушный компрессор, выдавливая воду из мешка избыточным давлением между мешком и корпусом. Конструкции с жёстким корпусом более надёжны для случая, если мягкий мешок с водой потеряет герметичность, хотя и занимают при хранении больше места. В любом случае конструкция и технология изготовления мягких ёмкостей из материалов, хорошо подходящих для длительного хранения питьевой воды, чрезвычайно сложны. Технология изготовления больших ёмкостей из фторопластовой плёнки, идеальной для контакта с питьевой водой, освоена только в России.



*Вода в свободном состоянии.  
Космонавт А. А. Серебров*



*Вода с воздухом внутри мягкой  
ёмкости. Космонавт А. Я. Соловьёв*

Наиболее серьёзная проблема, которую приходится решать в условиях невесомости, — разделение в воде газовой и жидкой фаз. Вода в невесомости ведёт себя не так, как на Земле, и в свободном состоянии газ и вода принимают форму шара, в ёмкости при её раскручивании вокруг оси жидкость распределяется по стенкам, а газ собирается в центре, образуя причудливые формы. На Земле пузырьки газа могут свободно выделяться из жидкости вверх, в атмосферу, в невесомости же распределение зависит от многих факторов — поверхностного натяжения, внешних возмущений, что в итоге приводит либо к прилипанию пузырей к стенкам ёмкости, либо к их объединению в более крупные.

На орбитальных станциях для непосредственного питья вода вытесняется из ёмкости под давлением через специальное



*Космонавт В. В. Поляков  
показывает движение воды,  
вытесняемой давлением из ёмкости*



*Космонавт Ю.В. Усачёв за обедом*

приёмное устройство с клапаном, открывающимся нажатием кнопки. Для приготовления пищи используется в основном регенерированная вода, которая пастеризуется в блоке раздачи и подогрева, и в горячем (+80°C) или тёплом (+45°C) виде подаётся насосом в пакет с сублимированной пищей.

**Просто добавь воды.** Тюбики с едой давно ушли в прошлое. Сегодня космонавты питаются обычной пищей, только предварительно обезвоженной (сублимированной). Перед приёмом пищи в такие продукты добавляют горячую воду. Из сублимированных продуктов можно приготовить вкусный борщ, вкусное картофельное пюре, макароны. Можно посолить и поперчить еду, но в форме жидкости, чтобы высыпаемые крупинки не вызвали затруднение дыхания, поскольку любая крошка или капля жидкости в невесомости может попасть в дыхательные пути, когда космонавт, например, спит, и вызвать нежелательные последствия.

**Российские учёные считают,** что в будущих межпланетных полётах, например к Марсу, космонавты будут обеспечены «лёгкой водой», то есть водой, из которой удалены тяжёлые изотопы водорода и кислорода и обладающей положительными биологическими эффектами, в частности, защищающими от радиации.

На станциях «Салют-7» и «Мир» существовал душ, где вода прогонялась вентилятором через закрытую кабину. На станции «Мир» существовала также система регенерации воды, использованной для гигиенических целей. Затем душ был заменён более удобной «сауной» — кабиной с подогревом воздуха, куда члены экипажа брали с собой смоченные горячей водой полотенца и даже доставленные с Земли дубовые веники.



*Космический душ. Космонавты  
А.Н. Березовой и В. В. Лебедев*



*Космическая сауна.  
Космонавт В. В. Циблиев*

**Предметы космической гигиены** не содержат спирта, что является неременным требованием, и практически лишены запаха, потому что даже самый приятный запах может опротиветь за несколько недель. Для бритья сконструированы электрические бритвы, оснащённые миниатюрным аналогом пылесоса. Для первых космонавтов туалеты изготавливались персонально, с особой тщательностью, чтобы создать полностью прилегающее к телу устройство и исключить возможность попадания выделяемого в воздушную среду. Теперь для смыва туалетов, вместо привычной на земле воды, используется вакуум. Поскольку стирка белья в космосе не предусмотрена, использованные предметы гардероба пакуются в специальные пакеты и укладываются в грузовой корабль, а после его отстыковки от станции сгорают в атмосфере вместе с «грузовиком».

Разные системы, использующие воду, предъявляют более или менее жёсткие требования к наличию в воде газовых пузырьков. Например, большое количество газовых пузырьков в подогреваемой для приготовления пищи воде недопустимо, так как вызывает выбросы пара при заправке пакета с пищей.

Но самые жёсткие требования существуют для системы электролиза, работоспособность которой напрямую зависит от наличия в воде газовых пузырьков. Изначально воды без газа не бывает — вопрос в его количестве на единицу объёма жидкости. Даже при отсутствии в воде пузырьков нерастворённого газа часть газа может находиться в растворённом состоянии, и при снижении окружающего давления растворённый газ вы-

деляется в виде нерастворённых пузырьков. Избавиться от пузырьков свободного газа в воде в невесомости достаточно тяжело, это требует подбора специальных сепараторов применительно к каждой системе — центробежных, мембранных, циклонных. Выбор наилучшего способа сепарирования и улучшение конструкций сепараторов — одна из главных технических задач на станции.



*Пузырьки воздуха, объединяющиеся в воде, в сепараторе для системы электролиза*

Сходной проблемой является и очистка на борту воды от нерастворённого осадка. Эту проблему приходится решать прежде всего при регенерации воды из конденсата применением специальных объёмных или мембранных фильтров.

Отдельно нужно сказать об обеспечении микробиологической безопасности воды. Применяемые методы обеззараживания и консервирования обеспечивают качество питьевой воды с содержанием бактерий (колониеобразующих единиц) как минимум в пределах гигиенических нормативов (50 единиц на 1 мл). Однако в длительном полёте при постоянном использовании систем регенерации и хранении больших запасов воды требуется соблюдение строгих правил предотвращения загрязнения воды, а также необходимость проведения периодических анализов проб воды для подтверждения её качества. После нескольких лет пилотируемого полёта также начинают «зарастать» органической слизью бактериального происхождения те магистрали, по которым движется ещё не очищенный конденсат, что создаёт технические проблемы. Единственным пока способом борьбы с этим оказывается регулярная замена шлангов конденсата. Ведутся разработки и испытания других способов — улавливания органической слизи на сменных фильтрах, уничтожения бактерий, поступающих в систему кондиционирования воздуха.

В целом обеспечение водой экипажей космических станций, использование этой воды в условиях невесомости и длительных полётов являются чрезвычайно важными и интересными задачами, успешно решаемыми. Совершенствование уже созданных систем, проведение новых научно-технических разработок — обширное поле деятельности для обеспечения будущих полётов в глубины космоса.

# КАК ПОБЕДИТЬ ЗАСУХУ

*Где вода иссякла,  
там и страна приходит в убыток.*  
Арабская пословица

## С водой и без воды

С планетарной точки зрения воды на Земле совершенно достаточно, чтобы удовлетворить нужды всего человечества, однако между странами вода распределена крайне неравномерно. Прогнозируется, что дальнейший рост населения, урбанизации, промышленного развития и водоёмкого сельского хозяйства вызовет напряжённость между государствами и уже в предстоящем десятилетии конкуренция за воду усилится. Потребность в воде будет нарастать в Китае, Индии, странах Африки к югу от Сахары, поскольку в этих странах воды используется больше, чем восполняется. Её недостаток отражается на экологии: реки мелеют, подземные водоносные слои истощаются, экосистемы необратимо деградируют.

Не лишён проблемы дефицита воды и ряд территорий России, несмотря на общие колоссальные водные запасы. Особенно острую нехватку водных ресурсов испытывают Курганская и Челябинская области, юг Тюменской и восток Оренбургской областей. Проблема обеспеченности потребностей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения существует в Республике Калмыкия, Белгородской и Курской областях, Ставропольском крае, отдельных регионах Южного Урала и юга Сибири. В ряде российских регионов, таких как Калмыкия, Саратовская и Астраханская области, часть Волгоградской области наблюдается дефицит воды для сельскохозяйственного использования.

Вопрос обеспечения водой этих регионов требует безотлагательного разрешения, тем более что ситуация грозит дальней-

шим осложнением, поскольку соседние с Россией страны всё активнее используют трансграничные реки. Так, в настоящее время в Китае идут работы по переброске вод верховьев Иртыша в бесплодные земли Синьцзян-Уйгурского автономного района, куда предполагается переселить несколько десятков миллионов китайцев из центра страны. Земледелие здесь невозможно без искусственного орошения. В верхней части Иртыш собирает свои воды на территории Китая, и в результате повышенного водозабора китайской стороной Россия ежегодно лишается значительного количества водных ресурсов. Когда же будет осуществлён поворот верхней части русла Иртыша, Омская область, а заодно и Казахстан ещё в большей степени будут страдать от недостатка влаги.

**В засушливых районах**, например, в Северном Казахстане много бессточных озёр, поскольку воды для образования речного стока в них недостаточно. В засушливые периоды, когда озеро пересыхает, некоторые виды рыб (карась, линь) приспособились зарываться в донный ил на глубину до 1,5 м и 2-3 года пережидать, пока озеро вновь не наполнится после снежной зимы или интенсивных дождей паводков.

Сегодня Китай стоит на пороге водного кризиса, несмотря на то что по объёму возобновляемых гидроресурсов является пятым в мире. Экономика и население Китая продолжают расти быстрыми темпами. Большинство районов Китая уже страдает от острейшей нехватки воды. В результате разбора воды на севере некоторые реки на юге страны мелеют настолько, что вода уже не доходит до моря. Истощаются подземные источники, в них всё чаще встречается солёная вода. Следовательно, можно ожидать, что в ближайшие 5 лет Китай будет претендовать на очередную часть стока трансграничных рек — с дальнейшей потерей наших водных ресурсов. Из 4,2 тыс. км границы России с Поднебесной 3,5 тыс. пролегал по водным артериям. В подобных условиях опасения, что Китай попытается «увести» у нас реки Амур и Аргунь, не кажутся беспочвенными. Китайские специалисты активно занимаются вопросом поворота не только трансграничных, но и внутренних рек. Поскольку земли в бассейнах рек Янцзы и Хуанхэ страдают от разрушительных наводнений, принят к реализации проект переброски части стока

вод реки Янцзы в северные регионы с суммарным отбором более 250 млрд м<sup>3</sup> воды в год. Однако в решении вопроса Китай действует очень осмотрительно: целых 50 лет отдано исследова-



*Янцзы - великая река Китая*

ниям! Разработано более 50 вариантов проекта. В настоящее время уже началась реализация гигантской системы переброски вод со строительством трёх каналов длиной 1300 км каждый, которые будут проложены через горы и ущелья, по тоннелям и акведукам и дойдут до огромных территорий китайского севера. Есть,

однако, мнение, что в целом последствия забора воды в Янцзы ещё не просчитаны. На север устремится не только речная вода, но и промышленные стоки и отходы. Экологи опасаются, что в результате многие виды животных и рыб обречены на вымирание.

## Ещё раз о повороте рек

Для России китайский проект может быть полезен как апробация методов и результатов переброски, поскольку в условиях усложнившейся за последние десятилетия ситуации с водообеспечением юга нашей страны целесообразно вернуться к идее поворота сибирских рек.

Ещё в 1960-х годах в СССР был разработан план переброски воды из Оби и Иртыша в Западно-Сибирский, Уральский, Среднеазиатский и Казахстанский экономические районы. Расчёты показали, что 5—7% среднегодового стока Оби будет вполне достаточно для решения проблем вододефицитных регионов. Взяв воду в районе Ханты-Мансийска, предлагалось поднять её на высоту 75 м в новое водохранилище в районе впадения Тобола в Иртыш и далее направить в Амударью, Сырдарью, оросительные каналы юга Тюменской области, Зауралья, востока Челябинской и Оренбургской областей. Предполагалось, что сибирская вода оросит 4,5 млн га земель. Но в 1980-х годах проект был отвергнут из-за его экономической нереализуемости в



те годы, недостаточной обоснованности, непроработанности возможных отрицательных последствий для гидробиологического режима в зоне изъятия стока, включая арктическую зону.



*Земли Западно-Сибирской  
низменности - избыточно влажные*



*Земли на юге Сибири почти  
круглогодично испытывают  
недостаток влаги*

Западно-Сибирская низменность продолжает оставаться зоной избыточного увлажнения: воды Оби во время половодья широко разливаются, заболачивая местность. Собрать весной часть этих вод в водохранилище, затем направить в южные районы, испытывающие недостаток влаги, означало бы значительно улучшить условия для сельского хозяйства, повысить продуктивность лесов.

Кроме того, решая вопрос водообеспечения собственных территорий и имея огромный водный потенциал, Россия способна помочь справиться с засухой странам-соседям. Разумеется, максимально сохраняя собственную природную среду и небесплатно. Время бесплатной воды миновало. В Омске, например, 1 м<sup>3</sup> поливной (не питьевой!) воды стоит 1,25 доллара. В отдельных европейских странах цена питьевой воды доходит до 3 долларов. Сегодня российская экономика в большой степени живёт за счёт экспорта нефти и газа, но в обозримом будущем этот поток иссякнет. Мало того, углеводородному сырью просматривается замена — биотопливо. Поэтому уже сегодня необходимо готовиться к тому, чтобы в «постнефтяной» период продавать пресную воду соседним странам, и может быть, уже лет через 20 именно вода, а не нефть станет одним из источников российского бюджета. Потенциально Россия способна стать серьёзным экспортёром этого ничем не заменимого това-

ра, а страны, испытывающие водный дефицит, — экспортёрами водоёмкой продукции, такой, как хлопок, фрукты и овощи, в том числе и для нашего государства. Налицо взаимная выгода. Россия, получая нормальную прибыль, сможет вкладывать её в перспективные инновационные проекты.

Возникает вопрос: каковы экологические аспекты проекта переброски сибирских рек?

В России не один век строились крупные водохозяйственные системы и накоплен достаточный опыт перераспределения стока между водными объектами. Например, переброска воды из Верхней Волги по каналу имени Москвы имела и имеет исключительное значение для водоснабжения столицы и улучшения экологической ситуации в регионе. Люди всегда приспособлялись среду обитания к своим нуждам. И уже через сравнительно небольшой промежуток времени оказывалось, что среда тоже приспособилась к новым условиям.

Сегодня системы переброски стоков рек действуют во множестве стран, причём объём перебросок достигает 400 км<sup>3</sup> в год, а к 2020 году ожидается его увеличение в 2—3 раза. Так, в США водно-энергетический союз NAWAPA запроектировал гигантскую систему перераспределения стоков рек Аляски и Канады. Предполагается перекрыть их плотинами и направить часть вод на юг для использования в ряде провинций Канады, штатов США, а также в Мексике. Переброс составит свыше 150 км<sup>3</sup> воды. Варианты строительства систем переброски речных стоков рассматривались в Индии — воду нескольких притоков Ганга решили направить в засушливые районы и перебросить часть стока самой реки на юг. Подобные проекты есть и в Африке.

**Питьевая вода - богатство.** Лучше всего это знают жители жарких стран, где вода на вес золота. В некоторых странах Персидского залива питьевую воду привозят на специальных судах: нефти у этих стран с избытком, воды же - увы! А вот в Лиму, столицу государства Перу, воду доставляют в железнодорожных цистернах. Между прочим, и некоторым городам США питьевая вода обходится недёшево. Гигантский акведук тянется от реки Колорадо до Лос-Анджелеса на целых 800 километров.

Критики сибирского проекта переброски приводят доводы о том, что осушенные болота имеют свойство часто гореть, особенно в летнюю пору. Кроме того, основным местом

стока углекислого газа служат болотные территории и леса Западной Сибири, благодаря которым Россия имеет финансовые преимущества по вступившему в действие Киотскому протоколу. Осушение территорий-накопителей неизбежно превратит их в источники избыточных парниковых газов: ликвидация болот приведёт к выделению не только углекислого газа, но и метана, который ещё опаснее. Следует согласиться с доводами и при экспертизе учесть и эту составляющую проекта.

Нельзя также не согласиться, что болота Западной Сибири питают истоки многих рек, и прежде всего Оби. Поэтому проект потребует проведения серьёзных исследований по оценке экологических последствий переброски части стока, особенно на фоне глобального потепления. Можно и нужно будет уточнить допустимый уровень антропогенной нагрузки на окружающую среду в Сибири при реализации, особенно если учесть, что опыта реализации столь масштабных проектов переброски пока нет не только в нашей стране, но и в мире.

И тем не менее ошибочно утверждать, что любой вариант безвозвратного изъятия части стока Оби и её притоков, а также строительство каналов и других гидротехнических сооружений неизбежно приведут к экологической катастрофе. За 20 последних лет придумано много такого, что позволит решить задачу с наименьшими рисками, грамотно и надёжно. Современные технологии позволяют осуществить транспортировку воды с минимальными потерями, избежать испарения, фильтрации, подтопления и заболачивания земель, разрушения ландшафта и других негативных последствий. Огульно отказываясь от проекта переброски, можно опоздать: уже сегодня в разработке и финансировании программ водопользования для азиатских стран широко участвуют США, причём их главный девиз: «Россия со своей водой тут не нужна». Чтобы влиять на рынок водообеспечения, американские компании разрабатывают проект поставки воды в арабские страны, причём из своих Великих озёр (!) Они не считают с тем, что их танкерам придётся преодолевать Атлантический океан. Положение же нашей страны в вопросе водообеспечения азиатских стран-соседей российской водой гораздо выгоднее, и неблагоприятно этим не воспользоваться.

Необходимо всё взвесить и просчитать, учесть опыт проекта советского периода, оценить выгоды от проекта, его рентабельность и сроки окупаемости. Нурсултан Назарбаев, глава Казахстана, возможного будущего потребителя сибирской воды, справедливо призвал спокойно, без эмоций, с учётом современных геополитических и экономических условий и технологий решить наконец вопрос о реальности — или доказать невозможность — идеи, о которой всё чаще вспоминают и учёные, и политические лидеры. Думается, если международным экспертам дать возможность всё перепроверить, они подтвердят разумность и обоснованность идеи переброски избытка воды Оби в жаждущие регионы. Авторитетные международные эксперты критически проанализируют весь материал, подготовленный и сторонниками, и противниками проекта переброски, и сделают объективное заключение. Нет сомнения, что выводы будут в пользу переброски.

## **Беречь воду всем миром**

Переброска рек — мера, целесообразная для ближайших лет, когда, с одной стороны, необходимо экстренно обеспечить природной водой жителей вододефицитных районов, а с другой — в условиях кризиса недостаточно средств, чтобы в кратчайшие сроки создать и внедрить технологии интенсивного водопользования и водосбережения, превосходящие последние зарубежные разработки. Но спешить с этим следует, поскольку дальнейший рост численности населения и экстенсивное водопотребление увеличат антропогенную нагрузку на водоисточники, которые будут всё больше истощаться, качество воды в них ухудшится, и дефицит воды усугубится. Российские водосберегающие технологии можно будет экспортировать в вододефицитные страны, и благодаря им эти страны смогут повысить эффективность использования собственных водных ресурсов. Внедрение можно будет осуществлять поэтапно, в зависимости от финансовых возможностей.

Странам — поставщикам водосберегающих технологий помощь вододефицитным странам сулит большие перспективы: рост масштабов использования новых всё более эффективных

технологий, новых рабочих мест и пр. Неоспоримы экономические выгоды, как, впрочем, и политические.

Наряду с развитием водосберегающих технологий, сегодня в мире довольно много идей, как обеспечить людей пресной водой. Одна из них — концепция «виртуальной воды», автор которой лондонский профессор Джон Энтони Алан стал лауреатом престижного Стокгольмского водного приза. Его имя называют среди самых выдающихся мыслителей современного водного сектора. В концепции «виртуальной воды» определяется, как вода включается в процессы производства и потребления пищевых продуктов и товаров народного потребления. Например, за утренней чашкой кофе стоят 140 л воды, затраченной на выращивание, производство, упаковку и отправку кофе-бобов — это примерно среднесуточное потребление питьевой воды на душу населения в Англии. Приготовление обычного гамбургера требует ~2400 л воды. Сегодня каждый

140 литров воды



1 чашка кофе



16 000 литров воды



1 кг мяса



*Концепция «виртуальной воды»*

американец потребляет в среднем 6800 л «виртуальной воды» в сутки — почти в три раза больше, чем житель Китая.

«Виртуальная вода» во многом определяет товарную политику и развитие науки в глобальном масштабе, особенно в регионах с дефицитом воды, и заставляет переосмысливать политику и управление водным хозяйством. Объясняя, каким образом и почему такие страны, как США, Аргентина и Бразилия, «экспортируют» миллиарды литров воды ежегодно, в то время как Япония, Египет и Италия «импортируют» миллиарды литров, концепция «виртуальной воды» открывает возможности более рационального использования воды реальной. Надёжность и безопасность водоснабжения и обеспечения продовольствием на национальном, региональном и глобальном уровнях можно усилить, если товары, на производство которых нужно затратить большой объём воды, производить там, где это более выгодно экономически, и транспортировать в регионы, где производство таких товаров экономически невыгодно. Изучая проблему дефицита воды на Ближнем Востоке, профессор Аллан разработал теорию импорта «виртуальной воды» через продовольствие как альтернативный водоисточник в целях снижения нагрузки на скудные местные водные ресурсы в странах Ближнего Востока и других засушливых регионах.

Хотелось бы познакомить читателя ещё с одним нестандартным подходом к решению проблем водосбережения — использованием восстановленной воды. То, что принято называть сточными водами, может, оказывается, тоже рассматриваться как ресурс для удовлетворения не только растущей потребности в воде, но и потребности в экологически чистой энергии, которую получают из источников неископаемого топлива. Так, Департамент коммунальных услуг Сингапура больше не использует понятие «сточные воды» и не считает эту воду отходом, а называет восстановленную воду новой, которая может быть переработана и использована снова. За эту концепцию Департамент коммунальных услуг Сингапура стал в 2008 году победителем Стокгольмского водного приза. Самым важным выводом, который был сделан в результате многолетних исследований жизнедеятельности микроорганизмов, живущих в септических ёмкостях и отстойниках, стало признание, что эти самые маленькие живые существа на самом деле — великие природные

системы: они способны превратить содержимое сточных вод в полезные для человека ресурсы — биоэнергию в виде метана и воды. Кроме того, микроорганизмы, живущие в бескислородной среде, могут разрушать опасные химические соединения, такие, как хлорированные растворители, загрязняющие драгоценные запасы грунтовых вод, — то, что микроорганизмы, живущие в кислородной среде, делать не способны. Этими исследованиями положено начало изучению широких возможностей анаэробных микроорганизмов в деле водосбережения.

Много интересных и полезных проектов сегодня разрабатывается в мире. Это и разные способы сбора и сохранения сезонной дождевой воды в засушливых районах, и опреснение морской воды, в том числе методом выпаривания. Стоит такой процесс дорого, так как требует больших энергозатрат. Противоположный способ — вымораживание, но и он является энергозатратным и капиталоемким.

Выдвигаются и такие экзотические идеи, как буксировка айсбергов или перевозка на судах в виде ледяной крошки. Такие проекты могут стать вполне конкурентоспособными при дальнейшем росте дефицита воды, если, конечно, льды не успеют растаять в условиях парникового эффекта, ведь в них заморожено почти 70% пресной воды планеты.

Верится, что человечество, способное отправить космические корабли к Марсу и Юпитеру — для поиска воды и элементарных форм жизни на далёких планетах, найдёт способ решить проблему воды на Земле и победить засуху.

# ДОРОГАЯ НАША ВОДА

*Высшая ловкость состоит в том,  
чтобы всему давать истинную цену.*  
Ф. Парошфуко

## Тарифы без иллюзий



Сегодня дорожает всё. Не являются исключением и коммунальные услуги, прежде всего вода. Получая счета либо квитанции на оплату услуг водной компании, редкий потребитель, будь то промышленное предприятие в лице главбуха или рядовой гражданин, не терзается пресловутыми вопросами: откуда столько? Разве не парадоксально, что при снижении водопотребления плата за воду растёт? Вызывает аллергию само слово «монополист», распространяемое и на водные компании, которые наряду с другими организациями коммунального комплекса ежемесячно

«отнимают» у потребителей значительную долю заработанного в виде оплаты за жилищно-коммунальные услуги. Но ведь питьевая вода действительно стоит очень недёшево! И раз уж потребитель платит, он вправе знать, за что и насколько это экономически обосновано.

В условиях практически полного отсутствия государственной поддержки предприятий водной отрасли большинство регионов России определяющим источником их финансирования являются тарифы. От их величины зависит как эксплуатация существующей коммунальной инфраструктуры и ежедневное обеспечение абонентов качественными услугами



водоснабжения и водоотведения, так и дальнейшее развитие системы, уровень качества услуг. Тарифы — это та обоснованная цена услуг жилищно-коммунальных предприятий, в том числе водоканалов, которая призвана обеспечивать их нормальную работу.

В общем объёме расходов подавляющего большинства предприятий водопроводно-канализационного комплекса, использующих поверхностные водные источники, доля затрат, непосредственно зависящих от объёмов оказываемых услуг, составляет лишь 10—15%, тогда как 85-90% приходится на постоянную составляющую — затраты на эксплуатацию сооружений и сетевого хозяйства. А это значит, что, несмотря на сокращение потребления воды, которое в ряде регионов России составило по сравнению с серединой 1990-х годов 25—40%, ждать сопоставимого снижения затрат не приходится. Наоборот, снижение водопотребления вызывает почти прямопропорциональное удорожание единицы оказываемых услуг, а значит, и рост тарифов. Это важно уяснить не только потребителям, но и представителям органов по регулированию тарифов, которых в этой аксиоме убедить бывает очень непросто.

Основная причина роста тарифов на услуги водоснабжения и водоотведения состоит во включении в тарифы так называемых инфляционных ожиданий, поскольку заранее известно, что произойдёт рост тарифов на энергоносители, цен на расходные материалы, реагенты и т. д., — а значит, водная компания вынуждена предусмотреть это при обосновании тарифов на свои услуги. Помимо того, при формировании тарифов предусматриваются средства для индексации заработной платы персонала.

На рост тарифов на воду влияет проводимая предприятиями ЖКХ переоценка балансовой стоимости основных производственных фондов, оказавшейся после либерализации цен в 1991 году значительно заниженной. Соответственно мизерным оказался и размер амортизационных отчислений, необходимых для финансирования работ по реконструкции сооружений и сетевого хозяйства. Отсутствие денежных средств в отрасли в течение последних 10—20 лет привело к тому, что в среднем по стране износ систем водоснабжения и канализации превышает 60%, а кое-где доходит до 90%, из-за чего по-

стоянно возникают аварии и перебои с подачей воды. Канализация же в существующем плачевном состоянии является потенциально опасным источником загрязнения водоёмов, подземных вод, почвы. Осуществляемое сегодня поэтапное приведение балансовой стоимости производственных фондов к реальной цифре отражается на размере тарифов. Необходимо всем осознать, что сдерживание роста тарифов может привести к серьёзным последствиям: обветшавшие сети и сооружения водопровода и канализации долго не протянут.

Дополнительную лепту в рост тарифов вносит необходимость вложения денежных средств в модернизацию. На протяжении последних десятилетий выросли новые жилые массивы, развилась инфраструктура, а производительность централизованных систем водоснабжения и канализации осталась прежней. Поэтому необходимы инвестиции (нем. *investition*, от лат. *investio* — долгосрочное вложение капитала в различные отрасли хозяйства) в развитие новых мощностей водоснабжения и водоотведения (как правило, разводящей сети и очистных сооружений канализации), повышение качества питьевой воды, а в стоимости услуг должны быть предусмотрены средства для погашения инвестиционных вложений. Что же касается величины инвестиционной надбавки к тарифу, то она устанавливается в соответствии с Федеральным законом № 210-ФЗ, и размер её строго регламентируется.

Тарифы на услуги водоснабжения и водоотведения утверждаются на основании производственной и инвестиционных программ организаций коммунального комплекса. Производственная программа — это программа действий, необходимых для обеспечения надёжной эксплуатации сетей и сооружений, бесперебойного снабжения города водой и осуществления очистки сточных вод. Программа включает комплекс технических мероприятий, таких как поддержание основных производственных фондов в надлежащем состоянии, вопросы нормативного характера, связанные с соблюдением санитарных норм и правил, технических регламентов, других нормативных актов, а также необходимые для реализации финансовые средства. Инвестиционная программа включает комплекс мероприятий по строительству, модернизации, развитию и техническому перевооружению систем водоснабжения и водоотведения. Инве-

стиционные программы ориентированы на реновацию отрасли, создание новой инженерной инфраструктуры и улучшение качества оказываемых услуг.

Основой для расчёта потребностей водной компании любого муниципального образования на планируемый период служит водный баланс, содержащий информацию об объёмах забора и подачи воды, очистки городских стоков, водных потерь и расходов на собственные нужды. Отправной точкой для составления баланса служит объём водопотребления города, определяемый на основании многолетней практики и фактически заключённых абонентских договоров. На основании водного баланса рассчитываются переменные статьи себестоимости оказываемых услуг.

Существенным в обосновании тарифа является прогноз водопотребления, который подтверждается соответствующим расчётом по каждой категории потребителей. Исключительно позитивная роль при обосновании прогноза отводится обеспеченности приборами учёта, существенно повышающей уровень доверия к прогнозируемым показателям.

Убедительным аргументом при утверждении тарифов является эффективность работы предприятия водопроводно-канализационного комплекса. В производственной программе должны содержаться те индикаторы, по которым регулирующий орган может осуществлять мониторинг её выполнения и оценить эффективность работы самого предприятия. К показателям, которые позволят объективно оценивать деятельность предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, относятся:

- количество повреждений трубопроводов (единиц на 1 км сети в год);

- процент сточных вод, сброшенных в водный объект без очистки;

- число зарегистрированных жалоб потребителей, в том числе повторных;

- соответствие качества питьевой воды требованиям санитарных норм и правил;

- обеспечение показателей очистки сточных вод на уровне общероссийских нормативов;

- потери и неучтённые расходы воды при транспортировке (в водопроводной и канализационной сети);

процент использования воды на собственные нужды;  
количество и продолжительность отключений абонентов.

Сегодня назрела необходимость в формировании прозрачных и справедливых тарифов на услуги водоснабжения и водоотведения, основанных на применении новейших методик тарифного регулирования. Одной из таких является RAB-регулирование (от англ. *Regulatory Asset Base* — регулируемая база задействованного капитала, отражающая рыночную стоимость активов компании с учётом их физического износа) — система тарифообразования на основе долгосрочного регулирования тарифов, направленная на привлечение инвестиций для нового строительства и модернизации коммунальной инфраструктуры и тем самым на повышение эффективности работы предприятий водного сектора. При реализации региональных инвестиционных программ посредством RAB-регулирования тариф предприятий водопроводно-канализационного хозяйства формируется с учётом возможности постепенного возврата инвестированных средств, а также процентов на привлечённый капитал. Предполагается, что тариф будет устанавливаться не на год (как сегодня), а на 3—5 лет. При этом потребитель будет оплачивать инвестиционные расходы через тарифы также не за один год, а в течение всего амортизационного срока (до 35 лет).

В настоящее время практически по всей территории Российской Федерации (за небольшим исключением) действует одноставочный тариф, который включает все затраты предприятия водопроводно-канализационного хозяйства. Более прогрессивным является двухставочный тариф, который формируется из двух составляющих. Первая, переменная, связана с фактическим водопотреблением и зависит от объёмов производства, в первую очередь от потребления реагентов и электроэнергии. Вторая, фиксированная, включает затраты, не зависящие от объёмов производства, — заработную плату, затраты на ремонт, обслуживание и т. д. Двухставочный тариф имеет существенные преимущества перед одноставочным:

обеспечивает выравнивание финансовых потоков предприятия водопроводно-канализационного хозяйства за счёт фиксированной составляющей, равномерно распределённой по

году, что позволяет гораздо точнее осуществлять финансовое планирование деятельности предприятия;

позволяет снизить потери выручки в условиях сокращения фактического объёма водопотребления по сравнению с плановыми цифрами, а потребителям сократить размеры оплаты услуг при возможном увеличении водопотребления;

позволяет соблюсти баланс «интересов» ресурсоснабжающих организаций и потребителей.

К недостаткам введения двухставочного тарифа можно отнести практически полное отсутствие в России практики его использования, и возможную множественность подходов регионов, в силу отсутствия унификации в решении вопросов формирования тарифов, что предельно осложнит мониторинг на уровне Федерации.

Ещё со времён Советского Союза вошло в практику перекрёстное субсидирование, вызванное специфической «заботой о человеке», когда население недоплачивает за услуги, а промышленные потребители компенсируют недоплату повышенными в 2,5—6 раз, а то и много более тарифами. Так, в Москве в конце 1994 года перекрёстное субсидирование достигло апогея: стоимость 1 м<sup>3</sup> воды для населения и промышленных предприятий отличалась в 125 раз. В других регионах эта разница составляла несколько сотен раз, и население оплачивало только ~2% реальной стоимости воды. Вопреки требованиям федеральных нормативных актов, до сих пор тарифы на услуги водоснабжения и водоотведения для населения в некоторых регионах России в значительной мере отстают от тарифов для промышленных предприятий. То есть перекрёстное субсидирование продолжает существовать, и бремя по оплате полной стоимости услуг жилищно-коммунального хозяйства продолжают нести промышленные потребители. Решение проблемы перекрёстного субсидирования тормозится всё тем же принципом волевого сдерживания роста тарифов. Выходом может стать принятие на местном уровне программ поэтапной ликвидации перекрёстного субсидирования с сохранением доступности услуг ЖКХ для населения и соответствующим разъяснением. Тогда постепенный переход на единый тариф для населения и промышленности и 100%-ную оплату стоимости услуг ЖКХ может произойти относительно безболезненно.

Стоимость и фактическое потребление населением услуг водоснабжения по некоторым субъектам Федерации в I квартале 2009 года

Субъект Федерации	Стоимость услуг на 1 чел. в месяц, руб.	Фактическое потребление, м <sup>3</sup> /чел. в месяц*	Доля потребителей, обеспеченных доступом к коммунальной инфраструктуре, %
Москва	111,91	7,14	99,9
Московская область	101,99	7,72	88,42
Санкт-Петербург	77,3	6,47	97,5
Ростовская область	80,05	4,11	79,95
Нижегородская область	65,86	5,73	85,34
Омская область	60,42	4,46	97,53
Республика Саха	176,82	6,90	50,61
Чукотский АО	415,27	7,14	92,10
Российская Федерация	74,76	5,72	77,89

Стоимость и фактическое потребление населением услуг водоотведения по некоторым субъектам Федерации в I квартале 2009 года

Субъект Федерации	Стоимость услуг на 1 чел. в месяц, руб.	Фактическое потребление, м <sup>3</sup> /чел. в месяц*	Доля потребителей, обеспеченных доступом к коммунальной инфраструктуре, %
Москва	82,69	7,04	99,8
Московская область	120,21	8,67	86,42
Санкт-Петербург	114,7	9,80	97,49
Ростовская область	62,98	5,02	46,97
Нижегородская область	73,78	7,87	68,00
Омская область	80,02	7,41	51,44
Республика Саха	352,38	8,26	44,09
Чукотский АО	246,44	6,05	89,79
Российская Федерация	80,18	7,52	60,79

\* Рассчитывается на всю численность субъекта, в том числе не обеспеченную доступом к услугам водоснабжения и водоотведения.

В последние годы всё чаще можно услышать рассуждения о доступности услуг. Применительно к коммунальным услугам это понятие должно рассматриваться в двух плоскостях — как доступность приобретения и доступность оплаты. Задача органов государственной власти субъектов Федерации и органов местного самоуправления заключается, с одной стороны, в создании условий гарантированного предоставления потребителям необходимого объёма коммунальных услуг в соответствии с их платёжеспособностью, с другой — в обеспечении баланса интересов потребителя и поставщика коммунального ресурса. Населению неизбежно придётся переходить к 100%-ной оплате услуг ЖКХ. Но платёж должен учитывать реальные доходы потребителей и возможность оплачивать стоимость потреблённых услуг. Нельзя требовать большей оплаты за аналогичные услуги лишь на основе более высоких доходов. Другое дело, что при более высоких доходах потребитель должен иметь возможность получать более качественные, а следовательно — более дорогие услуги. Но «средний» человек должен зарабатывать столько, чтобы хватило оплатить стандартные услуги по реальной цене. Сегодня субсидии в среднем по России получают менее 10% семей, являющихся малообеспеченной частью населения. Причём по субъектам Федерации максимально допустимая доля расходов граждан на оплату жилищно-коммунальных услуг в совокупном доходе семьи колеблется от 10 (в Белгородской области и Москве) до 22% (в подавляющем большинстве регионов России). Но стратегический путь — в максимальном повышении доходов потребителей, а не в сдерживании и тем более замораживании тарифов. Это отмечено и в одном из выступлений В.В. Путина: «Полное замораживание тарифов — это эффективное, но не всегда эффективное решение». Нельзя вести речь об экономической состоятельности организаций ЖКХ при экономической несостоятельности города и региона, а таких пока большинство. Конечно, можно, исходя из популистских соображений, удерживать заниженные тарифы, терпеть высокую аварийность, ресурсную расточительность ЖКХ, однако никаких денег, ни бюджетных, ни кредитных, на такое расточительство не хватит.

В большинстве промышленно развитых стран мира население давно получило ответы на весь комплекс вопросов, связанных с использованием ресурсов в быту. Оплата электроэнер-

нергии производится не по двум, как в России, а по четырём тарифам: дневному, ночному, недельному и сезонному. Те же правила действуют в системах водоснабжения и отопления. В России же, входящей в десятку ведущих энергетических держав мира, для решения этой проблемы пока отсутствуют как необходимая нормативно-правовая база, так и инженерное оборудование в требуемом количестве и по доступным ценам.

Среди самых высоких в мире — тарифы на воду в Германии. Дело в том, что поступления от оплаты потребления воды здесь считаются источником дохода местных бюджетов и используются для финансирования определённых проектов. Тарифы на использование воды устанавливаются местными органами власти, и средства, поступающие в бюджет, используются для финансирования местных программ, которые в ином случае обеспечивались бы из налоговых средств.

## Нуждается ли вода в инвестициях?

Сегодня в большинстве регионов России питьевая вода пригодна для питья. Но чтобы она была таковой и через 10—15 лет, нужны серьёзные инвестиционные вложения. В долгосрочной перспективе водный бизнес, как и другие жилищно-коммунальные услуги, очень выгоден, потому что люди всегда будут в них нуждаться. Сегодня как никогда востребованы финансовые инструменты, позволяющие зарабатывать на развитии различных сфер высоких технологий, связанных с водной отраслью, производством химических реагентов для очистки воды, строительством современных очистных сооружений и т. д.

Приход в жилищно-коммунальный сектор частного бизнеса является знаменем нашего времени. За последние полтора-два года практически все крупные корпорации проявили интерес к ЖКХ. Они почувствовали, что, если промедлить сегодня, завтра проникнуть на этот рынок будет трудно. Актуальным механизмом сотрудничества государства и бизнеса становится





государственно-частное партнёрство, поскольку масштабные задачи не могут быть решены целиком только государством или только бизнесом: у государства часто не хватает ресурсов, причём не только финансовых, но и управленческих, а бизнесу нужны гарантии возврата вложений. Существуют разные формы эффективного взаимодействия государства и частного сектора в управлении городским хозяйством:

сервисные контракты на выполнение работ и оказание общественных услуг;

управляющие контракты на обслуживание конкретного объекта либо управление объектом;

аренда и временная передача прав, при этом арендатор не участвует в инвестировании строительства объекта, а получает его от государства. В обязанности арендатора входит обслуживание и эксплуатация объекта;

концессионные соглашения и контракты:

участие частных инвесторов в уставных капиталах предприятий совместно с государством.

#### **Виды контрактов:**

**ВОТ** (от англ. *Build-Operate-Transfer* - строить-управлять-передавать), когда инвестор осуществляет строительство и эксплуатацию, в основном на правах собственности, в течение установленного срока, после чего объект передаётся государству;

**ВТО** (от англ. *Build-Transfer-Operate* - строить-передавать-управлять). Инвестор строит объект, который передаётся государству в собственность сразу после завершения строительства, но затем тот же объект передаётся государством в эксплуатацию инвестору;

**ВВО** (от англ. *Buy-Build-Operate* - покупать-строить-управлять). Государство продаёт объект частному инвестору, который выполняет его восстановление, расширение или усовершенствование, необходимые для эффективного управления;

**ВОО** (сокр. от англ. *Build-Own-Operate* - строить-владеть-управлять). Инвестор строит объект и осуществляет последующую эксплуатацию, обладая при этом правом собственности на построенный объект;

**ВООТ** (от англ. *Build-Own-Operate-Transfer* - строить-владеть-управлять-передавать). Инвестор владеет на правах частной собственности построенным объектом и осуществляет его использование в течение определённого срока, по истечении которого объект передаётся в собственность государства.

Особенно важно, чтобы в любой из вышеперечисленных форм государственно-частного партнёрства соблюдались следующие принципы:

эффективность для всех партнёров: для государства это бюджетная и социальная эффективность, включая создание рабочих мест и повышение привлекательности региона, для остальных участников проекта — экономическая эффективность;

платность, когда стороны государственно-частного партнёрства определяют размер своих вкладов и согласовывают норму прибыли, с которой будут возвращаться инвестиции;

срочность: для соблюдения сроков реализации проекта, включая все его стадии — строительство новых производственных мощностей, возврат заёмных средств, окупаемость инвестиций;

возвратность: для государства — это возврат ранее переданного имущества, для инвестора — возврат всех инвестированных средств в течение срока окупаемости;

распределение риска между сторонами, который должен быть определён на уровне не только контракта, но и нормативно-правовых актов. Передача государством ответственности частному инвестору означает и передачу соответствующих рисков. При этом если инвестор оценит риски как высокие, он может отказаться от участия в проекте, поскольку доходность от вложенного капитала должна быть включена в тарифы, рост которых ограничивается политическими и социальными факторами.

Основной целью инвестиций является реконструкция существующих объектов для улучшения качества и надёжности оказываемых услуг. Однако, как правило, инвестирование в улучшение технологий приводит не к сокращению, а росту эксплуатационных затрат, поскольку может потребоваться применение более дорогостоящих реагентов и материалов, в том числе по причине ухудшения качества исходной воды в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой. А поскольку сегодня практически повсеместно наблюдается сокращение водопотребления, говорить о дополнительной выручке при расчёте окупаемости инвестиций не приходится. Учитывая действующий в России механизм регулирования тарифов, не всегда можно говорить и о пропорциональном увеличении

тарифов для возврата инвестиций. Сохраняется возможность административного вмешательства федеративного центра в тарифообразование путём установления предельных индексов, что значительно снижает инвестиционную привлекательность отрасли, поскольку повышает риск возврата инвестиций.

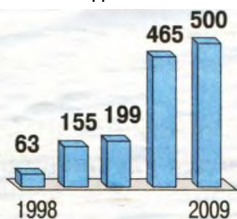
Реформирование и демонополизация в сфере водоснабжения и канализации в значительной степени зависят от возможности выделения отдельных технологических циклов и поэтапной передачи ряда функций частному бизнесу на аутсорсинг (от англ. *outsourcing*— внешний источник — передача компаний определённых бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области).

В московской системе водоснабжения и водоотведения к сотрудничеству привлекаются компании с частным и смешанным государственно-частным капиталом, которые обеспечивают эксплуатацию объектов, построенных по модели ВООТ. При этом все эксплуатируемые этими компаниями активы на 100% принадлежат частному бизнесу. Стоимость услуг частных эксплуатирующих компаний довольно велика, но и качество этих

Южнобутовские очистные сооружения



Объём частных инвестиций в млн долл. США



Юго-Западная водопроводная станция



Два завода механического обезвоживания осадков Зеленоградские сточных вод



Зеленоградские очистные сооружения



Мини-ТЭС



*Реализованные инвестиционные проекты с частным финансированием в Москве*

услуг гарантированно выше существующих в России. С применением механизмов государственно-частного партнёрства в Москве построены и успешно эксплуатируются: Южнобутовские и Зеленоградские очистные сооружения, два завода механического обезвоживания осадков сточных вод, Юго-Западная водопроводная станция, мини-ТЭС на Курьяновских очистных сооружениях. Реализованные московские инвестиционные проекты в сфере водопроводно-канализационного хозяйства позволяют сохранить контроль города над имущественным комплексом и обеспечить потребителям гарантированно улучшенное качество предоставляемых услуг при прогнозируемом тарифе.

При нехватке финансовых ресурсов большинство предприятий активно кредитуются в банках. Однако более дешёвым способом привлечения дополнительных денежных средств является облигационный заём. Выпуск облигаций позволяет более эффективно по сравнению с другими способами заимствований обеспечивать финансирование отрасли в необходимом объёме и на определённый период времени. Выход на публичный рынок заимствований способствует не только привлечению инвестиционных ресурсов, но и завоеванию имиджа надёжного заёмщика. Кроме того, выпуск облигаций предприятиями отрасли неизбежно приведёт к развитию и становлению нового сегмента рынка долгового капитала.

## Алгоритм успеха

От осознания проблемы необходимости совершенствования работы объектов водопроводно-канализационного хозяйства до успешного освоения новых мощностей — путь очень непростой, на котором подстерегает множество проблем. Именно поэтому можно рекомендовать алгоритм реализации инвестиционных проектов — детальную пошаговую последовательность действий.

Прежде всего, важно точно определить истинные проблемы, стоящие перед конкретным водопроводно-канализационным хозяйством, отличить их от следствий, иначе можно начать бороться не с болезнью, а с температурой.

Следующий шаг — выбор пути решения проблем. Сегодня как на российском, так и на международном рынке присутству-

ет большое количество фирм, предлагающих свои технические решения. Многие готовы взяться за любую задачу — было бы финансирование. Но далеко не все владеют современными технологиями и располагают кадрами необходимой квалификации. Результат — множество неработающих или плохо работающих сооружений по всей России. Здесь оптимальным решением должна стать проработка на начальной стадии нескольких возможных вариантов, определение оптимального метода и последовательности его реализации. Важно поручить выполнение технико-экономических проработок специализированной организации, которая занимается не практической реализацией, а проектированием и консультированием. За рубежом такие фирмы называются консалтинговыми, в России такой вид бизнеса пока недостаточно развит. Очевидно, что, поручив разработку вариантных предложений либо экспертизу технических решений фирме, предлагающей собственные технологические разработки, наверняка будут предложены рекомендации именно на эти технологии, хотя и не самые оптимальные и не самые выгодные.

После того как фирма-консультант представит заказчику проработки вариантов и будет выбрано оптимальное решение, следующая стадия — проектирование. Здесь чрезвычайно важно, чтобы проектная организация (это может быть та же проектно-консалтинговая фирма) в совершенстве владела информацией о современном оборудовании в мировом масштабе. Использование эффективного оборудования может многократно уменьшить капитальные вложения на строительные работы.

Большую сложность представляет подбор технологически взаимосвязанного оборудования, производимого различными поставщиками. Поскольку приобретение оборудования и выполнение работ должны осуществляться по результатам конкурсов, возникает замкнутый круг: чтобы провести конкурс, надо знать требования к типу оборудования, его количеству, комплектации. Для этого надо вначале разработать проект. А чтобы разработать его, надо получить инжиниринг от производителей оборудования, которых ещё предстоит определить на конкурсе. При этом отечественные требования к детальности проектов весьма строги и включают компоновку оборудования, основные строительные решения. В то же время мало кто из производителей даст детальный инжиниринг, который должен стать основой проекта.

Попытки сформулировать технические требования к приобретению оборудования и провести конкурс до проектирования чреваты серьёзными ошибками, например некорректным определением производительности оборудования, его количества, комплектации.

Как же эту проблему решают в развитых зарубежных странах? Прежде всего, разрабатываются общие технические решения, подбирается оборудование. Формируется техническая документация на проведение конкурса, в том числе на приобретение оборудования, с указанием требований и необходимости вариантной проработки.

В условиях России вполне эффективным на этапе разработки предконкурсной документации может быть сотрудничество с федеральными или зарубежными организациями, обладающими необходимым опытом. Также в этой ситуации может помочь то, что федеральное законодательство для технически сложных объектов предусматривает возможность двухэтапного проведения конкурсов с определением на первой стадии принципиального технического решения (например, реагентное или безреагентное удаление фосфора из сточных вод, обеззараживание воды УФ-облучением или хлорированием и т. п.). На втором этапе конкурса определяется порядок разработки документации, что потом позволит провести конкурс на приобретение конкретного оборудования. Фирма — победитель конкурса на поставку оборудования разрабатывает и передаёт детальный инжиниринг, на базе которого разрабатывается проект, а затем и рабочая документация.

Оптимальный путь создания объектов — размещение заказа «под ключ» (возможно, для крупных объектов — с разделением строительно-монтажных работ и поставки оборудования). За рубежом так называемые инжиниринговые фирмы (аналогичные появились и в России) берут на себя поставку всего комплекта оборудования для сооружений, его монтаж и пусконаладку. В зарубежной практике широко используется такой приём, как опытная эксплуатация инжиниринговой фирмой принятых в эксплуатацию сооружений совместно с персоналом организации-заказчика в течение 6—12 месяцев. Это позволяет выявить и устранить возникающие проблемы, разработать необходимую регламентную документацию. Безусловно, привле-

чение инжиниринговых фирм несколько увеличивает стоимость объекта, однако позволяет консолидировать ответственность и исключить многие проблемы на этапе последующей эксплуатации. Иначе может получиться как в миниатюре Аркадия Райкина о плохо сшитом костюме: «К пуговицам претензии есть?»

Ещё проще и надёжнее для заказчика — привлечь не только подрядчика на весь комплекс работ, но и его инвестиции (так называемый финансовый инжиниринг). Это позволит создать объект в жёсткие сроки, вне зависимости от актуального состояния регионального бюджета. Распространённым вариантом финансового инжиниринга являются концессии, предусматривающие эксплуатацию подрядчиком им же спроектированных и построенных сооружений, что значительно повышает эффективность принятых решений. Однако эту работу оптимально проводить также через стадию предварительного консалтинга и вариантных проработок, иначе фирма-партнёр по созданию объекта может навязать более дорогостоящий и выгодный ей вариант. Как известно, бесплатный сыр бывает только в мышеловке: ведь в конечном счёте все инвестиции фирмы-партнёра будут компенсированы либо из бюджета города, либо за счёт тарифа, то есть населением.

В любом случае надо понимать — концессионный вариант, обеспечив наибольшую надёжность, потребует и максимальных средств, так как услуги эксплуатирующей фирмы будут более качественными, чем работа персонала водопроводно-канализационного хозяйства. Поэтому при наличии в региональном бюджете достаточных средств бюджетное финансирование по контракту «под ключ» является самым дешёвым и эффективным. Если средств недостаточно, концессия, безусловно, эффективнее привычного, к сожалению, для нас долгостроя, который и требует в итоге гораздо больших вложений и не достигает желаемого результата.

Какой бы ни была схема реализации инвестиционных проектов, очевидно одно, что она должна обеспечить наиболее выгодные условия возврата средств, а главное, эффективное развитие водного хозяйства городов и небольших населённых пунктов.

Создание инфраструктуры для эффективной общенациональной системы водоснабжения и канализации требует инвестиций такого масштаба, которые одновременно наша страна

не может себе позволить. Нужны инновационные механизмы, которые позволят мобилизовать финансовые ресурсы и направить их на реализацию неотложных задач именно в секторе водоснабжения и канализации. Потребность в таких механизмах выглядит наиболее очевидной.

Водоснабжение и канализация — одна из материалоёмких отраслей. Любые эффективные меры в этой области могут обернуться большой выгодой. По оценке Всемирной организации здравоохранения, 1 доллар, инвестированный в водоснабжение и канализацию, в среднем обеспечивает отдачу в размере 8 долларов. Любая бухгалтерская система учёта подтвердит, что это хорошее вложение денег. Помимо этого выигрыша, расширение доступа к воде и канализации может создать долговременные социальные последствия, способные повысить эффективность экономики.

В целом инвестиционная ёмкость объектов водопроводно-канализационного комплекса в России колоссальна. Это огромный перспективный рынок. Не надо бояться вкладывать деньги в коммунальное хозяйство страны!



# РЕСУРС НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО

*Живи не прошлым, а будущим.*  
Русская пословица

## Что кроется за нехваткой воды?

Главным вопросом начала XXI века, вызывающим обеспокоенность мирового сообщества, является вопрос безопасности. Акты насилия, террористические акты, распространение ядерного оружия, рост незаконной торговли оружием и наркотиками — всё это представляет реальную угрозу человечеству. На таком фоне легко потерять из виду некоторые важнейшие императивы, включая те, что связаны с водой. Однако ни один террористический акт не приносит столько бед, как отсутствие чистой воды и канализации. И тем не менее водный вопрос редко встречается в международной повестке дня.

Чистая вода необходима так же, как глоток чистого воздуха, и 20 литров на человека в день составляют ту самую минимальную потребность, которая необходима для существования человека. Отсутствие чистой воды и канализации может привести к массовым заболеваниям и эпидемиям. Более 30 кишечных и других инфекционных заболеваний передаются через воду. По оценкам Организации Объединённых Наций, в нашем всё более процветающем мире 1,1 млрд людей не имеют возможности пить чистую воду. Это означает, что люди берут её в канавах и водоёмах, служащих для водопоя скота, реках и озёрах, загрязнённых экскрементами человека и животных. До 20% всех заболеваний связано с некачественной водой. Сегодня 2,6 млрд людей лишены доступа к канализации и достаточному количеству воды для гигиенических целей. Люди вынуждены справлять естественные нужды в

поле, лесу, канавах или пользоваться вёдрами. Каждый год 1,8 млн детей в мире умирают от диареи, дизентерии, брюшного тифа, обусловленных загрязнённой водой и отсутствием канализации, и эта цифра намного превышает число жертв насильственных действий.

В **Кибере**, трущобном районе столицы Кении Найроби, насчитывающем 1 млн жителей, распространены так называемые летучие туалеты - из-за отсутствия цивилизованных туалетов люди используют полиэтиленовые пакеты, которые затем выбрасывают на улицу.



*Кибера, трущобный район Найроби*

## Безопасность воды

Стали привычными понятия «продовольственная безопасность» и «энергетическая безопасность». Они подразумевают возможность обеспечения человека достаточным для жизни количеством продовольствия и энергии. Термин «безопасность водоснабжения» имеет некоторую особенность — угрозу может представлять как отсутствие воды, так и её наличие. Разрушительные возможности природной воды хорошо известны, как впрочем, и опасности, угрожающие человеку при использовании некачественной питьевой воды. Французский микробиолог и химик Луи Пастер утверждал: «Человек со

стаканом воды выпивает 90% своих болезней». Организация Объединённых Наций провозгласила безопасность водоснабжения глобальной целью, в соответствии с которой «каждый человек должен иметь доступ к безопасному водоснабжению за приемлемую цену, чтобы вести здоровую и продуктивную жизнь — при одновременной защите и улучшении состояния окружающей среды».

Что же такое *безопасность воды*? Критерии безопасности положены в основу таких нормативных документов, как Руководство Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Санитарные правила и нормы в России.

**Безопасность воды** определяется путём установления рекомендуемой концентрации вещества, которая не приводит к значительному риску для здоровья в течение всей жизни.

Безопасная питьевая вода пригодна для любых домашних целей, включая личную гигиену.

Питьевая вода должна быть не просто безопасной, но и иметь высокое эстетическое качество в глазах потребителей.

Руководство ВОЗ, 2004 год, Женева, Швейцария

**Питьевая вода** должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

СанПиН, 2001 год, Россия

Среди факторов обеспечения безопасности водоснабжения необходимо выделить три самых значимых: гидрологический, климатический и социально-экономический. Гидрологическим фактором является обеспеченность конкретного региона водными ресурсами. Так, если в регионе выпадает достаточное количество осадков и они равномерно распределяются в течение года, то за счёт подземного питания сток рек стабильный, а регион надёжно обеспечен водными ресурсами. В этом случае не требуется значительных инвестиций на обеспечение безопасного водоснабжения. И наоборот, в вододефицитных регионах решение вопросов водообеспечения потребует серьёзного инвестирования в инфраструктуру, в том числе в строительство водохранилищ.

Климатический фактор связан с антропогенным воздействием на окружающую природную среду. Особую тревогу

вызывает глобальное потепление, ставшее в последнее время предметом споров и прогнозов учёных и политиков, о чём говорилось в главе «Человек виновен».

**Альберт Гор**, вице-президент США в правительстве Клинтона, после ухода из большой политики написал книгу «Неудобная правда», которая удостоена престижной американской литературной премии Quills («Перья»). В книге рассказано о научных и политических факторах, влияющих на глобальное потепление, предложены пути выхода из экологического кризиса. Книга стала эпохальным событием. В так называемых зелёных отелях в США её даже кладут в прикроватную тумбочку вместо Библии. По книге снят одноимённый документальный фильм с Альбертом Гором в главной роли, ставший одним из самых кассово успешных документальных фильмов в истории. Американская киноакадемия признала его лучшим документальным фильмом 2006 года, наградив её создателей «Оскаром». Рассматривая различные аспекты климатического кризиса, Альберт Гор предупреждает о возможных последствиях глобального потепления, которое угрожает будущему Земли.

Альберт Гор и Межправительственная группа экспертов по изменению климата удостоены в 2007 году Нобелевской премии мира «за усилия по сбору и распространению данных о происходящих под влиянием человека климатических изменениях и закладку фундамента тех мер, которые необходимы для борьбы с ними».

Изменение климата меняет ситуацию в целом, климатический фактор накладывается на изменения гидрологических условий. Территория, которая ранее была безопасной, может представлять опасность в силу произошедших изменений: гибель лесов, исчезновение болот, затопление территорий и пр.

Исключительно важен для безопасности водоснабжения социально-экономический фактор: нищая страна при недостаточном количестве и качестве водоисточников вряд ли может гарантировать своим гражданам высококачественное водоснабжение, равно как и при значительном расслоении общества не всякий может рассчитывать на дорогостоящую безопасную воду в необходимом объёме. Состояние водоснабжения напрямую зависит от состояния экономики. Сегодня водохозяйственный комплекс России нуждается в существенных изменениях. Необходима принципиально другая государственная политика, основанная на новых совре-

менных подходах к комплексному решению накопившихся проблем. В первую очередь требуется привести в порядок законодательную базу и гармонизировать её с европейским законодательством.

Европейская директива по питьевой воде, регламентирующая вопросы производства и потребления, уделяет особое внимание вопросам безопасности воды. В 2009 году планируется пересмотреть её в сторону ужесточения требований. В частности, предусматривается наличие и независимый аудит планов обеспечения безопасности воды в целях снижения рисков, более строгий контроль микробиологических и физико-химических параметров качества воды по расширенному перечню, дополнительный контроль систем водоснабжения одиночных домовладений.

Совершенно очевидно, что подобные планы обеспечения безопасности воды должны быть в каждом городе и даже в небольших населённых пунктах России, проходить аудиторскую проверку. При этом аудитор должен иметь специальную профессиональную подготовку. Планы обеспечения безопасности воды должны охватывать весь путь её движения от источника до водопроводного крана. Это особенно важно для России сейчас, так как в рамках реформы жилищно-коммунального сектора появляются управляющие компании, которые зачастую не представляют себе, как осуществлять контроль внутридомовых систем холодного и горячего водоснабжения. Необходимо изучить европейский подход и использовать его для усиления требований к безопасности воды.

Разрушенная система управления водными ресурсами в нашей стране требует кардинальной реставрации. Принципы построения нового водного менеджмента могут быть заимствованы из оптимально выстроенных сфер, таких как оборонная и авиационная. Управление водными ресурсами требует осуществления единой политики в водной сфере. Инструментом для её реализации на местах могут стать региональные научно-технические центры во главе с крупными водными компаниями. В Центральном федеральном округе базовым предприятием, имеющим необходимый научный и технический потенциал, может стать московский водоканал, для областей Северо-Западного федерального округа — водоканал Санкт-Петербурга

и т. д. Деятельность таких центров способствовала бы продвижению в практику прогрессивных технологий очистки воды, повышению её качества. Сегодня многие предприятия водного сектора действуют обособленно, что называется «варятся в собственном соку». Необходимо отказаться от принципа — каждый «спасается» самостоятельно, объединить усилия и совместно решать насущные проблемы, определить новые функции и задачи водохозяйственной инфраструктуры городов в изменившихся экономических условиях.

Стремительная урбанизация, истощение и ухудшение качества водных ресурсов даже в регионах с благополучным гидрологическим фактором заставляют обратить взор в сторону повторного использования воды, сбора дождевых вод, сокращения ливнестока, снижения сбросов неочищенных сточных вод или исключения их полностью. В последнее время всё чаще начинают использоваться двойные системы водоснабжения, когда по одной трубе подаётся вода питьевого качества, по другой — непитьевого, для использования в санитарно-гигиенических целях или, например, для полива.

В Гонконге двойные системы водоснабжения используют уже 50 лет. 80% населения городов снабжается морской водой для использования в быту при смыве в туалетах. В США двойные системы водоснабжения используются в 450 городах. В Европе всё большее распространение находит система сбора дождевой воды (сток с территории домового участка, кровли и т. д.) для использования при поливе сада, тротуаров, мытье автомобилей и др. В США такую систему называют «третьим трубопроводом». Всемирная организация здравоохранения планирует включить двойные системы водоснабжения в новую версию Руководства по качеству питьевой воды.

Сдерживающим фактором модернизации водной отрасли является отсутствие производства отечественной продукции и практически полная зависимость от импорта. Сегодня трубы из высокопрочного чугуна со сроком службы 80—100 лет выпускает единственное российское предприятие, хотя потребности в этой продукции огромны. 90% насосного оборудования, 50% химических реагентов поступают из-за рубежа. За импортную продукцию приходится переплачивать до 20—30% её стоимости, приходящейся на НДС и пошлины. Необходи-

мо возродить или заново создать отечественное производство для коммунальной отрасли, что позволит кардинально изменить ситуацию. Без модернизации сетей будущие поколения обречены вести бесконечные раскопки городских территорий при ремонте трубопроводов, которые зачастую служат не более 15—20 лет. Отказ от импортной продукции — это ещё и большой резерв для снижения тарифов на воду, что имеет существенное социальное значение.

Важно создать систему государственной поддержки российского производителя, развивая производственные мощности вблизи мест размещения сырьевых ресурсов. Это позволит обеспечить регионы необходимым оборудованием и материалами для коммунального хозяйства и создать новые рабочие места, что особенно важно в условиях кризиса. К примеру, в настоящее время проблемой является производство гипохлорита натрия, который обладает аналогичными хлору бактерицидными свойствами, однако при его использовании риск возникновения чрезвычайных ситуаций и их последствий несоизмеримо ниже, чем при применении жидкого хлора. Отечественных заводов по производству гипохлорита натрия недостаточно, что не позволяет использовать его в масштабах страны. Сегодня каждый регион пытается решать эту проблему самостоятельно. В Санкт-Петербурге создано производство гипохлорита натрия для обеспечения потребностей водообеспечения города, построен завод в Уфе, начато строительство завода в Москве. Подсчитано, что производство гипохлорита натрия экономически выгодно, если расстояние от производства до потребителя не превышает 250—300 километров. Это необходимо учитывать при выборе места строительства новых производств в регионах.

Развитие водной отрасли требует масштабных капиталовложений, в том числе за счёт инвестиций. Водный сектор имеет ряд особенностей — высокую капиталоемкость проектов, длительный период окупаемости, отсутствие гарантий возврата инвестиций через тариф. Частные инвесторы оценивают проекты развития объектов водного сектора как высокорискованные и поэтому опасаются инвестировать денежные средства в новое строительство, ограничиваясь заключением договоров на управление. На период кризиса следовало бы отказаться от

передачи предприятий водного хозяйства в управление частным фирмам, поскольку управляющие компании, как правило, заинтересованы в приумножении собственных доходов, а отнюдь не в модернизации отрасли. В решении проблем водной отрасли могут помочь зарубежные инвесторы, необходимо только снять жёсткие законодательные ограничения, создать на государственном уровне благоприятную бизнес-среду. Это позволит более активно привлекать иностранные инвестиции в регионы.

**Вызывает интерес,** как в условиях мирового финансового кризиса поддерживается водное хозяйство других стран. Например, принятый Конгрессом США в феврале 2009 года Стимуляционный план, предусматривающий 787 млрд. долл. на поддержку экономики страны, содержит статью расходов в размере 7,2 млрд долл. для воплощения в жизнь проектов Агентства защиты окружающей среды. При этом 2 млрд долл. будет инвестировано на создание инфраструктуры питьевой воды, а 4 млрд долл. направлено на кредиты для улучшения очистки сточной воды.

Китай выделил около 586 млрд долл. на комплекс мероприятий экономического стимулирования, причём, по данным Национальной Комиссии по развитию и реформам, предпочтение отдаётся тем проектам, которые направлены на улучшение жизни населения, особенно в сельской местности.

Не должны оставаться в стороне от решения проблем отрасли и российские банки, которым государство выделило огромные средства. Сегодня следовало бы в каждом регионе определить хотя бы 1-2 важнейших инфраструктурных проекта и приступить к их практической реализации. Ожидание и промедление в условиях кризиса — «смерти подобно». Привлечение инвестиций в отрасль позволит создать современный надёжный водохозяйственный комплекс, обеспечить безопасность водоснабжения.

## **Без канализации нет цивилизации**

Вопрос канализации является неотъемлемой частью решения задачи обеспечения безопасности воды. В цивилизованных странах проблемы воды и канализации являются политически приоритетными, на их обустройство и содержание выделяются необходимые бюджетные ассигнования. На первый взгляд



«туалетная проблема» может показаться сомнительным двигателем прогресса, но реальность убедительно демонстрирует, что это действительно так. Отсутствие адекватной канализации, использующей воду для удаления и утилизации отходов человеческой и промышленной деятельности, сказывается на уровне детской смертности, здоровье и безопасности людей, в первую очередь женщин и молодых девушек. Содержимое выгребных ям загрязняет грунтовые воды, источники водоснабжения. Виктор Гюго в романе «Отверженные» справедливо отметил: «Канализационная труба — это сознание города». Он говорил о Париже XIX века, но и сегодня положение с канализацией остаётся важнейшим показателем любой человеческой агломерации.

**Всего немногим более 100 лет назад** Лондон, Нью-Йорк и Париж были рассадниками инфекционных, в первую очередь кишечных, заболеваний. Детская смертность в то время была такой же высокой, как в ряде африканских стран сегодня. Изменили эту картину масштабные реформы в области водоснабжения и канализации, проведённые на государственном уровне. На протяжении жизни всего одного поколения были мобилизованы финансы и технологии, созданы правовые основы для гарантированной возможности пользования водой и канализацией. В результате решения проблемы чистой воды в США в первой трети XX века произошло почти 50%-ное сокращение смертности, в Великобритании и Франции продолжительность жизни увеличилась на 15 лет. Опыт западных стран убедительно продемонстрировал, что водоснабжение и канализация - не просто насущная ценность с точки зрения человеческой жизни, но и важнейшая составляющая стратегии развития государства!

Доступ к чистой воде и канализации провозглашён Декларацией Организации Объединённых Наций составной частью концепции безопасности человека и определён целью развития тысячелетия: «Вода и канализация — для всех». При этом провозглашённая цель рассматривается не как некий потолок, а как минимальный уровень развития. И хотя выгоды от устройства канализационных систем значительно превышают затраты, поскольку сохраняют тысячи молодых жизней, снижают уровень эпидемий и болезней, есть опасения, что в условиях кризиса вопросы обеспечения водой и канализацией, предусмотренные в Декларации тысячелетия, будут отложены до лучших времён.

Нашей же стране, располагающей значительными водными ресурсами, мировой финансовый кризис может помочь. Трудности вынуждают мобилизовывать все имеющиеся ресурсы и искать самые эффективные решения. Именно в кризисных условиях появляется возможность организации совместных производств для выпуска необходимой продукции и строительства жизненно важных объектов. В этой связи возникает аналогия с планом ГОЭЛРО, который разрабатывался и был реализован в условиях всеобщей разрухи. Аналогичным примером может стать организация в кратчайшие сроки в годы Великой Отечественной войны новых производств военной техники в тылу. Именно мобилизовав необходимые ресурсы, богатые страны добились исключительного прогресса в обеспечении своих граждан чистой водой и канализацией.

## Искусство полководца

Инструментом водного менеджмента, как правило, является программа важнейших мероприятий. В последние десятилетия в Российской Федерации были разработаны отдельные долгосрочные программные документы, такие как «Доктрина устойчивого водопользования», «Государственная стратегия использования, восстановления и охраны водных объектов России», «Вода России — XXI век» и др. Однако их принятие и реализация сдерживались нехваткой средств в федеральном и региональных бюджетах. Вместе с тем необходимость разработки и реализации программного документа по сохранению водных ресурсов страны, а также по модернизации водной отрасли проявляется всё с большей остротой.

В настоящее время утверждена Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, которая включила в число приоритетов национальной безопасности вопросы экологического благополучия, рационального природопользования, сохранения окружающей природной среды и обеспечения её защиты. Разработана и утверждена Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года.

Почему оба документа определены как стратегия? Слово «стратегия» — греческого происхождения и означает «искусство полководца», который для достижения сложной цели разраба-

тывает план решительных действий, рассчитанный на достаточно продолжительный период времени, а потому без детальной проработки. Основная задача любой стратегии — эффективное использование наличных ресурсов. В этой связи утверждённая Водная стратегия Российской Федерации определяет три важнейшие цели:

гарантированное обеспечение водными ресурсами устойчивого социально-экономического развития России;

сохранение и восстановление водных объектов до состояния, обеспечивающего экологически благоприятные условия жизни и санитарно-эпидемиологическое благополучие населения;

обеспечение защищённости населения и объектов экономики от наводнений и иного негативного воздействия вод.

Достижение основных целей Водной стратегии планируется осуществить решением промежуточных тактических задач, таких как: совершенствование государственного управления в области использования и охраны водных объектов, развитие системы государственного мониторинга водных объектов, научно-техническое и кадровое обеспечение отрасли, просвещение и воспитание населения в вопросах бережного использования водных ресурсов. В результате реализации Водной стратегии должен быть сформирован высоконадёжный, эффективно работающий водохозяйственный комплекс, способный экспортировать собственные инновационные технологии и современное оборудование.

## **Потенциал чистой воды**

В значительной мере решить проблемы водного хозяйства России призвана государственная программа «Чистая вода», проект которой разработан Правительством Российской Федерации. Программа ставит целью реформирование и модернизацию водного сектора, представляет собой комплекс взаимно увязанных мероприятий по достижению главной цели — обеспечению всех граждан страны чистой водой. Программу предполагается реализовать в два этапа. Первый этап, 2009—2012 годы, предусматривает построение эффективной системы управления сектором водоснабжения и водоотведения, создание институтов и механизмов, обеспечивающих привлечение в отрасль частных

инвестиций. Планируется создать базу для развития инновационных российских технологий и производства отечественного оборудования и материалов, решить вопрос гарантированного обеспечения чистой питьевой водой объектов социальной инфраструктуры — больниц, школ, дошкольных учреждений и др.



*Чистая вода - чистый город*

На втором этапе реализации, в 2013—2017 годах, намечено осуществить переход к устойчивой модели развития отрасли, привлечь инвестиции для коренной модернизации отраслевой инфраструктуры. Реализация государственной программы призвана поднять на новый уровень сектор водоснабжения и водоотведения страны, существенно изменить ситуацию

в регионах с обеспечением населения питьевой водой надлежащего качества. Понятно, что в рамках программы федерального уровня могут быть решены задачи государственного масштаба, определены принципы и подходы к их решению. Конкретные мероприятия должны найти отражение в региональных программах. Это важно не только для крупных городов, но и небольших населённых пунктов, где вообще отсутствуют централизованное водоснабжение и контроль качества потребляемой воды. Многие российские регионы уже приступили к активным действиям. Программы утверждены в Курской, Тюменской, Омской, Новосибирской, Московской областях, Хабаровском крае, Бурятии, Башкортостане и др. Началась их реализация. В ряде других регионов утверждены концепции программ.

Примером подхода к разработке региональных программ может стать концепция городской целевой среднесрочной программы «Чистая вода Москвы» на 2010—2012 годы и на перспективу до 2020 года, утверждённая Правительством Москвы. На первый взгляд может показаться, что в отличие от других регионов столица не нуждается в специальной программе, поскольку качество питьевой воды и степень очистки сточных вод находятся на уровне мировых столиц. Однако всё не так просто. Повышение уровня антропогенного загрязнения во-

досборных территорий, ужесточение нормативов качества питьевой воды, отсутствие резервного водоисточника, возрастающие экологические требования к качеству очистки сточных вод — всё это определяет актуальность проблемы и выводит её в число первостепенных задач социально-экономического развития Москвы.

Программа «Чистая вода Москвы» — многоцелевая и межотраслевая, она затрагивает интересы различных сфер экономики и промышленности. Одновременно программа несёт межрегиональную нагрузку, поскольку столица обеспечивает услугами водоснабжения и водоотведения города центральной части Московской области, источники её водоснабжения расположены на территории Московской, Смоленской и Тверской областей, а сбросы очищенных вод оказывают влияние на водные объекты Московской, Рязанской и Нижегородской областей.

Безопасность питьевой воды и её влияние на здоровье человека — стержневой элемент московской программы. Задача состоит в том, чтобы не просто поставить потребителю воду, удовлетворяющую нормативным требованиям, а главное — принять меры по улучшению её качества в условиях ужесточения нормативов и независимо от качества исходной воды.

Особое внимание уделено вопросу безопасного использования бутилированной воды, бытовых фильтров и локальных установок доочистки питьевой воды, учитывая повышенный спрос населения и социальных учреждений. Предусмотрено решение вопросов контроля работы локальных установок водоочистки, организации квалифицированной их эксплуатации, контроля качества бутилированной воды, поступающей в торговую сеть.

Планируется продолжить работу по водосбережению и рациональному водопользованию за счёт расширения использования неочищенной природной воды и дочищенных сточных вод взамен водопроводной, перехода на расчёты с населением за фактическое потребление воды по показаниям квартир-

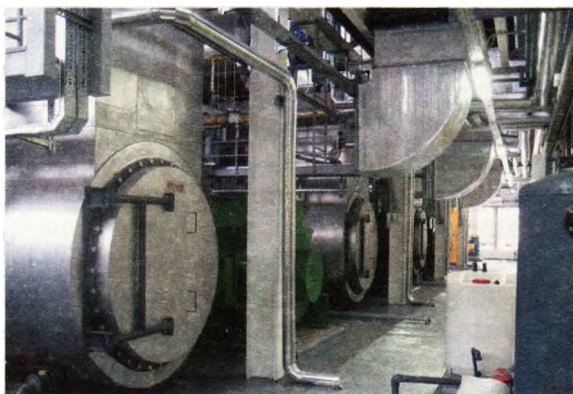


*Вода - начало всех начал*

ных приборов учёта, установки антивандальной санитарно-технической арматуры в культурно-бытовом секторе, школах и дошкольных учреждениях. Возрастут масштабы работ по модернизации городской водопроводной и канализационной сети с использованием бестраншейных методов, управлению расходами воды.

Во все времена Москва была средоточием ~80% потенциала отечественной науки. Назрела необходимость в возрождении прикладной науки, создании отраслевых российских технологий будущего. Поэтому, несмотря на кризис, планируется увеличить средства на прикладную науку. Московской программой предусмотрено формирование базы данных наилучших доступных технологий с приоритетом энергоэффективных технологий и альтернативной энергетики.

**Впервые в России**, в Москве, в начале 2009 года введена в эксплуатацию мини-ТЭС мощностью 10 МВт, работающая на биогазе Курьяновских очистных сооружений, что обеспечивает 50% потребности технологических сооружений в электроэнергии и 30% - в тепловой энергии. Такие мини-ТЭС - экологически чистые источники энергии, позволяющие сократить выбросы газа в окружающую среду, что очень важно в условиях глобального потепления и отвечает решениям Киотского протокола.



*Мини-ТЭС  
на Курьяновских очистных сооружениях*

На базе водохозяйственного сектора Москвы предполагается создание опытно-промышленного комплекса по отработ-

ке инновационных технологий и оборудования для очистки природных и сточных вод, результатами разработок которого, безусловно, смогут воспользоваться специалисты российских регионов.

Программой «Чистая вода Москвы» предусмотрены инновационные решения по повышению надёжности работы канализационной сети, модернизации канализационных сооружений с применением современных технологий, улучшению качества очистки городских стоков. Задача московской программы — привлечь иностранные компании, банки, предприятия малого бизнеса к решению отраслевых проблем.

Программа «Чистая вода Москвы» — это приоритетный проект социальной политики Правительства Москвы, качественно новый, реальный шаг в обеспечении безопасности питьевой воды для населения. Реализация программы позволит создать финансово стабильный, экономически эффективный, безопасный и динамично развивающийся современный водный сектор в российской столице. Несомненно, это станет весомым вкладом в реализацию государственной программы «Чистая вода».

Мы все в ответе за будущее и должны сделать так, чтобы сохранить и оставить потомкам живительный ресурс, энергию жизни — воду. Неверно думать, что мы получили Землю в наследство от родителей, — нет, мы взяли её в займы у собственных детей и внуков!

## Заключение

Перевернута последняя страница книги о воде — бесценном сокровище, которое необходимо беречь. Несмотря на обилие озёр, рек и родников, хрустально чистой, пригодной для питья воды на Земле не так уж много. В XXI веке человечество столкнулось с угрозой нехватки водных ресурсов, одним из самых серьёзных вызовов в своей истории, и сегодня мир стоит перед лицом глобального водного кризиса, который способен повернуть развитие цивилизации вспять.

Мы живём в мире небывалого экономического процветания одних стран и ужасающей бедности других, где население постоянно страдает заболеваниями, вызванными некачественной водой. Нельзя допустить, чтобы в условиях достаточных финансовых средств и передовых технологических возможностей миллионы жителей Земли были лишены доступа к чистой воде. Сегодня крайне необходимы согласованные многосторонние действия государств, политическая воля лидеров и мобилизация ресурсов, чтобы решить проблемы дефицита воды. В каждой стране очень важно выработать и реализовать на государственном уровне национальную политику рационального водопотребления и безопасности воды. Надеемся, что в России эта книга поможет руководителям федерального и регионального уровней по-новому взглянуть на решение водных проблем, привлечь внимание молодого поколения и всех равнодушных к вопросам воды. Прекрасно сказал старооскольский поэт Михаил Рудаков:

*Спаси себя, человеце,  
Сыне, родимый, спаси!  
Чтоб реки текли, а не речи,  
По нашей великой Руси.*

Конечно, авторам бы хотелось, чтобы эта книга вызвала интерес не только в нашей стране, потому что очень важно имен-



но сообща, согласованно, как у нас в России говорят, «всем миром» решать важнейший вопрос — сохранять воду Земли чистой. В разделённом, но экологически взаимозависимом мире необходимо постоянно заботиться о единственном общем доме, который мы все имеем, — планете Земля и общем нашем достоянии — воде. Сегодня ни одна страна, какой бы богатой или могущественной она ни была, не сможет избежать климатических изменений и водных проблем, но в первую очередь и в наибольшей степени пострадают самые бедные страны и самое бедное население.

И каким важным, объединяющим в этой связи стало беспрецедентное по своему масштабу и первое в истории космическое шоу, состоявшееся 9 октября 2009 года. Акция планетарного масштаба была посвящена глобальной проблеме человечества — сохранению водных ресурсов. Её организатор — космический турист канадец Ги Лалиберте — прямо с орбиты обратился к жителям планеты с призывом беречь воду. Экипаж международной космической станции рассказывал землянам о неземных технологиях очистки воды, о том, как важна каждая капля.

Политики, артисты, музыканты, поэты, писатели, режиссёры, хореографы — каждый по-своему, посредством песен, танцев, фильмов и даже флешмобов зывали: «SOS! Мир без воды погибнет!». В Нью-Йорке люди изображали волны. Во Дворце оперы в Сиднее прозвучала кантата о реках. В Санта-Монике уникальные подводные танцы поведали о проблеме океанов... Страны передавали друг другу поэтическую эстафету. Миллионы людей пяти континентов в прямом эфире соединились через космос и с тревогой говорили о судьбе воды. Телемарафон начался в Монреале, а закончился в Москве. Именно России выпало рассказать о том, как важно сохранить воду для будущих поколений. Выступление артистов балета Большого театра стало венцом праздника. Стилизованные капли воды в руках танцоров символизировали, насколько хрупка и уязвима природа нашей планеты, основа которой — ВОДА!

Пусть станет девизом всех людей Земли прозвучавший в эфире призыв: «Вместе мы можем изменить мир. Всё ради воды! Вода для всех!»

## ИСТОЧНИКИ

Авакян А.Б., Широков В.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Екатеринбург: Виктор, 1994.

Алексеев В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000.

Алексеевский Н.И. Гидрофизика. М.: Academia, 2006.

Андреев Ю. Вода — наместник Бога на Земле. СПб.: Питер-Пресс, 2007.

Башкин В.Н., Касимов Н.С. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004.

Белянин В., Романова Е. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция // Наука и жизнь. 2004. № 10.

Биоиндикация: теория, методы, приложения / Под ред. Г.С. Розенберга. Тольятти: Интер-Волга, 1994.

Бочаров В.В., Быков Л.С., Даценко Ю.С. и др. Канал им. Москвы: 50 лет эксплуатации / Под ред. Л.С. Быкова и А.С. Матросова. М.: Стройиздат, 1987.

Веницианов Е.В., Лепихин А.П. Физико-химические основы моделирования миграции и трансформации тяжёлых металлов в природных водах / Под ред. А.М. Черняева. Екатеринбург: РосНИИВХ, 2002.

Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1980.

Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. И.А. Шикломанова. ГГИ, 2008.

Водоснабжение г. Москвы при помощи устройств водохранилищ в верховьях р. Москвы и на её притоках // Труды Комиссии по изысканию новых источников водоснабжения г. Москвы. М.: 1927. Вып. I. С. 116—122.

Галицкий А. Щедрый жар. М.: Физкультура и спорт, 1975.

Даже Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975.

Данилович Д.А., Козлов М.Н., Щеголькова Н.М., Мойжес О.В. Совместное влияние городских очистных сооружений и Канала им. Москвы на экологическое состояние р. Москвы // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 9. 4. 1.

Земля: Универсальная энциклопедия для юношества / Под ред. С.А. Буланова. М.: Педагогика-пресс, 2001.

Караушев А.В. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Л.: Гидрометеоздат, 1987.

Ключевский В.О. Курс русской истории. М., 1904. Т 1.

## ИСТОЧНИКИ

Козлов Д.В. Основы гидрофизики: Методические указания // Электронная библиотека Московского государственного университета природообустройства.

Кульский Л.А., Даль В.В., Ленчина Л.Г. Вода знакомая и загадочная. Киев: Радянська школа, 1982.

Лучшева А.А. Практическая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1976. Материалы Интернета.

Малахов Г.П. Закаливание и водолечение. Донецк: Сталкер, 2003.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. М.: Высшая школа, 2005.

Общероссийский информационно-статистический сборник «Цены и тарифы в жилищно-коммунальном хозяйстве. Общероссийское ежеквартальное издание.

Орлов М.С. Гидрогеоэкология Москвы // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1997. Вып. 3.

О состоянии окружающей среды Московской области в 2003 году: Государственный доклад / Под ред. Н.В. Гаранькина, Н.Г. Рыбальского, В.В. Снакина. М.: НИИ-Природа, 2004.

Петрянов-Соколов И.В. Самое удивительное вещество на Земле. М.: Педагогика, 1975.

Подземные воды мира (ресурсы, использование, прогнозы) // Под ред. И.С. Зекцера. М.: Наука. 2007.

Попова Н.М. Санитарное состояние р. Москвы по многолетним гидрохимическим данным (обзор литературы по 1965 г.) // Процессы загрязнения и самоочищения реки Москвы. М.: Стройиздат, 1972.

Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоёмов-водоприёмников сточных вод. М.: Стройиздат, 1984.

Розенберг Г.С. Комплексный анализ урбоэкологических систем (на примере городов Самарской области) // Экология. 1993. № 4.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат. 1992.

Саег Ю.Е. и др. Геохимия окружающей среды. М., 1990.

Сириен А. А. Гидрологические и экологические последствия использования болот и заболоченных земель // Гидроэкология: теория и практика: Проблемы гидрологии и гидроэкологии: Сб. / Под ред. Н.И. Алексеевской. М., 2004. Вып. 2.

## ИСТОЧНИКИ

Смуров А.В. Биологические методы диагностики среды обитания: Экологическая диагностика: Энциклопедия / Под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2000.

Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. Л.: Гидрометеиздат, 1989.

Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ) / Под ред. А.А. Исаева. М.: Изд-во МГУ, 2003. Т. 1.

Филенко О.Ф. Водная токсикология. М.: Изд-во МГУ, 1988.

Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. М.: Мир, 2004.

Храменков С.В., Волков В.З., Горбань О.М. и др. От истока до Москвы. М.: Прима-Пресс, 1999.

Храменков С.В., Пахомов А.Н., Данилович Д.А. и др. Влияние очищенных вод московских станций аэрации на качество воды реки Москвы // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 12.

Чеботарёв А.И. Общая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1975.

Чивилихин В.А. Память // Роман-газета. 1985. № 4.

Щеголькова Н.М. Влияние города на формирование экологического состояния реки Москвы (исторический аспект) // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 2.

Щеголькова Н.М., Козлов М.Н., Данилович Д.А., Мойжес О.В. Роль московских очистных сооружений в самоочищении р. Москвы по азоту // Экология и промышленность России. 2007. № 3.

**Лужков Юрий Михайлович  
Храменков Станислав Владимирович**

**Чистая вода. Жизнь и богатство мира**

Издательские и полиграфические работы выполнены  
ОАО «Московские учебники и Картолитография»  
Генеральный директор *С.М. Линович*

Ответственный за выпуск *О.Л. Слуцкий*

Редактор *Е.М. Кострова*  
Художник обложки *В. И. Кучмин*  
Компьютерная верстка *Е.В. Успенская*  
Компьютерная обработка иллюстраций *М.А. Новосельцев*  
Корректор *В.Л. Соловьева*

Подписано в печать 30.10.2009. Формат 60x90/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Ньютон».  
Печ. л. 17,0. Тираж 5000 экз. Заказ 12496.

ОАО «Московские учебники и Картолитография»  
125252, Москва, ул. Зорге, 15.

ISBN 978-5-7853-1265-4



9 785785 312654



**Юрий Лужков, Мэр Москвы,**  
**и Станислав Храменков, генеральный директор МГУП «Мосводоканал»,**  
Президент Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения,  
подписывают послание потомкам

## **Неизвестные нам, но бесконечно дорогие потомки, граждане Земли, пришедшие на эту планету после нас!**

*Из глубин космоса земной шар выглядит крошечной голубой каплей — но это единственное место, где люди могут жить! Мы, ваши предшественники, наделали немало ошибок. На пороге третьего тысячелетия стало ясно, что необходимо принимать срочные меры по сохранению нашей планеты и прежде всего воды.*

*Сегодня в России разворачивается масштабная работа по защите водных источников от истощения, обеспечению страны безупречной по качеству питьевой водой для улучшения здоровья и продолжительности жизни россиян. Мы сделали первые шаги. Вам продолжать и решать, какое будущее достанется вашим детям! Используйте любую возможность проявить свои способности для сохранения планеты Земля! Познавайте и творите! Помните, что наша планета легко ранима. Совсем необязательно, чтобы «на Марсе яблоны цвели», — мы верим, что вы оставите своим потомкам цветущую Землю!*

*Любите её, преображайте, берегите!*