

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ИНСТИТУТ ВОДНЫХ
ПРОБЛЕМ

В.И. Данилов-Данильян К.С. Лосев

ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
СОЦИАЛЬНЫЙ И
ПОЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**



МОСКВА НАУКА 2006

УДК 628 ББК 38.761.1 Д18

Рецензенты:

доктор физико-математических наук *Е.В. ВЕНИЦИАНОВ*, доктор
географических наук *Н.И. КОРОНКЕВИЧ*

Данилов-Данильян В.И.

Потребление воды: эколог., экон., соц. и полит. аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев; Ин-т водных проблем РАН. - М.: Наука, 2006. - 221 с. - ISBN 5-02-033985-7 (пер.).

В книге рассмотрены экологический, экономический, социальный и политический аспекты потребления воды в прошлом, настоящем и прогнозируемом будущем на глобальном уровне и уровне континентов, с выделением СНГ и подробным анализом ситуации в России. Систематизированы разнообразные данные о запасах воды, состоянии водных объектов, экосистем, обеспечивающих воспроизводство пресной воды, а также данные о влиянии хозяйственной деятельности человека на водные системы. Показаны системные взаимосвязи различных аспектов потребления воды, механизмы возникновения и усиления дефицита воды, его значимость в международных отношениях и пути его преодоления.

Для специалистов в области гидрологии, экологии, экономики природопользования, международных отношений, студентов, обучающихся по специальностям "гидрология суши", "экономика природопользования", "экология и использование природных ресурсов", и аспирантов.

По сети "Академкнига"

ISBN 5-02-033985-7

© Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., 2006

© Институт водных проблем РАН, 2006 ©

Редакционно-издательское оформление.

Издательство "Наука", 2006

Забудьте о нефти. Справедливое распределение пресной воды ставит такую же взрывную и далеко идущую политическую головоломку, как и глобальное изменение климата.

Сандра Постель

ОТ АВТОРОВ

Проблемы потребления воды, водообеспеченности, удовлетворения потребностей растущей глобализирующейся экономики и увеличивающегося (все еще высокими темпами) населения мира с каждым днем обостряются, привлекая все большее внимание политиков, ученых, журналистов, общественных деятелей. Для многих стран мира - тех, что переживают водный стресс или тем более водный кризис, эти проблемы вышли на первый план. Но и в водообеспеченных странах с опаской поглядывают на вододефицитных соседей, а если таковых нет, то и на страдающие от недостатка воды отдаленные регионы, понимая, что они являются источником международной нестабильности.

Обильные водные ресурсы - не повод для того, чтобы беспечно расходовать воду. Как и в случае с другими ресурсами, сбережение воды оказывается существенным фактором снижения затрат в производстве промышленной и сельскохозяйственной продукции, в коммунальном секторе. Экономия воды - это и сокращение воздействия цивилизации на биосферу, еще в начале прошлого века превысившего допустимый предел. Разработка водосберегающих, как и любых иных ресурсосберегающих технологий, - важнейшее направление научно-технического развития. А охрана водных объектов - святая обязанность каждого, которую необходимо исполнять не только ради будущих, но и нынешнего поколения.

Вода - важнейший природный ресурс, и нет таких аспектов человеческого бытия, которые не могли бы оказаться в сфере внимания при анализе ее потребления, причем все они системно взаимосвязаны и все приводят - среди прочих - к таким вопросам, на которые пока ни у кого нет ответа, к проблемам, для которых неизвестны рецепты решения.

В предлагаемой книге мы сосредоточились на экологическом, экономическом, социальном и политическом аспектах потребления воды. Мы не занимались специально техническим аспектом (хотя по необходимости иногда касаемся и его). Он не-

сомненно весьма существен: ведь важно не только, какие водные объекты используют, где забирают воду, как ее распределяют, как оценивают, где ее много, а где - не хватает и как это сказывается на экономическом и социальном развитии. Очень важно и то, какими техническими средствами осуществляется эксплуатация водных ресурсов, забор воды, ее доставка потребителю, промышленное, энергетическое, транспортное, сельскохозяйственное и коммунально-бытовое использование, очистка и возврат в природные объекты. Эти весьма специальные вопросы и составляют технический аспект потребления воды. Мы с удовлетворением констатируем, что непрерывно возрастает внимание к нему инженеров, конструкторов, изобретателей, промышленных компаний - производителей оборудования, обеспечивающего рационализацию использования воды. Надеемся, что книга усилит интерес и к техническому аспекту у тех, кто мог бы заниматься технологиями водопользования.

Благодарим наших коллег в Институте водных проблем РАН, Всероссийском институте научной и технической информации, Институте географии РАН и в других научно-исследовательских организациях за плодотворные обсуждения проблем науки о водах суши. Признательны Р.К. Мнацаканяну, Р.П. Дронину и С.А. Иванкову, которые помогли нам в подготовке рисунков. Особая благодарность рецензентам Н.И. Коронкевичу и Е.В. Веницианову за внимательное и благожелательное отношение к нашему труду.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 05-06-80375.

ЧАСТЬ 1

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ

1.1. ВОДА В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Вода необходима для существования и развития жизни. Эту общеизвестную истину афористически выразил швейцарский ученый Дюбуа: «вода - это жизнь, а жизнь - это вода». Не случайно люди всегда старались селиться вблизи водоисточников - рис. 1.1.1 и 1.1.2 наглядно подтверждают это. Водные ресурсы наряду с земельными являются критически важными для цивилизации, так как система обеспечения жизни человека построена на "мокрых", т.е. использующих воду технологиях. Как бы ни называли современное общество - постиндустриальным, информационным, постмодернистским, но его основой служат не промышленные предприятия или информационные сети, а производство продовольствия, которое немислимо без воды, как и жизнь самого человека.

Вода - самый важный из вовлекаемых в хозяйственную деятельность человека природных ресурсов, по объему ежегодного использования она намного превосходит все вместе взятые другие добываемые ресурсы. В процессе потребления ресурсов человечество ежегодно перемещает порядка 300 млрд т грунта и пород, тогда как из разнообразных водных источников каждый год отбирается более 4000 км³ ($4 \cdot 10^{12}$ т) воды, по массе на порядок больше остальных природных ресурсов в совокупности [Helmer, 1997]. Но дело не ограничивается забором воды из природных источников, и в процессе хозяйственной деятельности человечество использует воды значительно больше.

Во-первых, в разнообразных технологических процессах и системах производства давно используется рециклирование воды (повторное и обратное водоснабжение). Так, например, в США в промышленном секторе в среднем каждый кубометр воды используется в среднем 17,1 раза [Helmer, 1997], в России почти половина систем водоснабжения в промышленном секторе построена на основе повторного и обратного водоснабжения. В целом

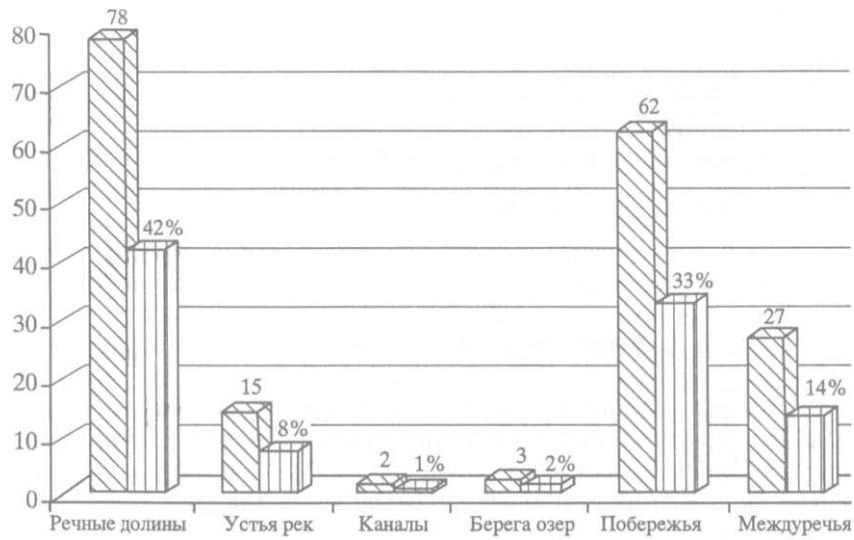


Рис. 1.1.1. Особенности расположения столиц стран мира [Шевцова, Шевцов, 2003]

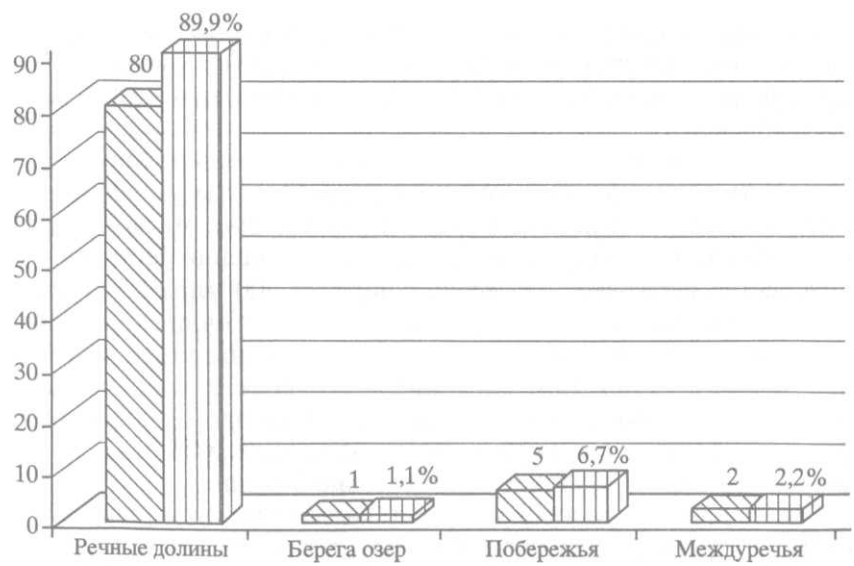


Рис. 1.1.2. Особенности расположения административных центров субъектов федерации России [Шевцова, Шевцов, 2003]

в мире рециклирование вод лежит в пределах 10% от ежегодно отбираемой из природных источников водной массы.

Во-вторых, человечество использует воду в искусственно созданных водных объектах - водохранилищах и прудах, где она накапливается и в последующем используется для разнообразных целей: получения энергии, орошения земель, речного транспорта, рыболовства и рыбоводства, рекреации и т.д. Суммарный объем водохранилищ мира с полным объемом от 0,1 км³ составляет порядка 6330 км³, а их число в мире превышает 3000 [Авакян, Лебедева, 2002]. Поэтому реальное потребление воды человечеством оценивается величиной 9000 км³ в год [Helmer, 1997], что по массе в 30 раз превышает потребление всех остальных веществ вместе с перемещаемой при их добыче породой.

В-третьих, человечество использует водные объекты как транзитные и очистные системы для отходов, а также для захоронения отходов. Именно этот способ водопользования требует наибольшей массы воды, хотя в расчетах водопотребления он практически не учитывается, видимо, в определенной мере из-за возникающих здесь методологических и информационных трудностей. Между тем известно, что глобальный сброс сточных вод составляет величину порядка 2000 км³ в год, а для приведения качества воды в природном объекте, используемом как приемник стока, к фоновому сточные воды даже после очистки требуют разбавления в 10-50, а без очистки до 100-1000 раз. Неудивительно, что практически все реки мира в той или иной степени загрязнены, как и некоторые озера, замкнутые моря и прибрежные воды, а также верхний горизонт подземных вод. Очевидно, именно этот способ использования воды, который называют внутриусловным, является самым водоемким. Кроме того, заметим, что захороненные и складированные на полигонах твердые отходы также служат постоянными источниками загрязнения водных объектов, поскольку вода является универсальным растворителем. Наконец, практически вся эмиссия загрязняющих веществ в атмосферу в конце концов осаждается на поверхность планеты в виде сухих и мокрых выпадений, и наиболее значительная часть этих веществ прямо или через перенос стоком оказывается в водных объектах. Известный гидролог Дж. Родда считает, что в настоящее время загрязняется до 17 тыс. км³ воды, что составляет половину от максимальной оценки ее доступного для использования объема [Rodda, 1997].

Наконец, водные объекты являются средой обитания промысловых рыб и других гидробионтов, составляющих важную, а в ряде стран преобладающую часть рациона. Не применяющие

орошения сельскохозяйственные предприятия также должны рассматриваться как водопотребители, поскольку замена естественных экосистем агроценозами неизбежно приводит к изменениям водного режима почвы с разнообразными вытекающими из этого гидрологическими и экологическими последствиями.

Вода обеспечивает три важнейшие для человечества функции: 1) производство продовольствия, 2) производство энергии и промышленной продукции, 3) бытовое водопотребление и удовлетворение санитарно-гигиенических потребностей. Неудивительно, что беспрецедентный рост мировой экономики в XX в., демографический взрыв, сопутствующее этому увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы и природные водные объекты стали причиной возникновения дефицита воды во многих регионах мира. Конечно, с нехваткой воды человечество знакомо едва ли не с момента своего возникновения, но ее сегодняшние масштабы совершенно беспрецедентны.

Обострение дефицита пресной воды стало одним из главных сюжетов в сценариях будущего. В послании по случаю Всемирного дня окружающей среды в 2003 г. Генеральный секретарь ООН напомнил: «Два миллиарда человек отчаянно нуждаются в пресной воде». Кроме того, еще два миллиарда имели немало случаев познакомиться с дефицитом воды на практике. По оценкам Всемирного банка, на существенное изменение ситуации в ближайшие 50 лет рассчитывать не приходится: к середине XXI в. уже 40% населения Земли будет испытывать дефицит воды, 20% - серьезно страдать от него. Этот безрадостный прогноз не учитывает глобальных изменений климата, которые, по всей вероятности, могут лишь усугубить ситуацию. Пророчества водных войн, грандиозные проекты перераспределения речного стока или буксировки антарктических айсбергов к берегам пустынь заполняют СМИ. Активно обсуждаются меры по преодолению дефицита воды не только в границах национальных экономик, но и в международном аспекте. Именно поэтому вода стала предметом дискуссий на всех крупнейших форумах планеты последние 15 лет: на Конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г., на заседании Генеральной Ассамблеи ООН «Рио+5», посвященном итогам выполнения положений конференции в Рио-де-Жанейро, на Саммите Тысячелетия, на Всемирном саммите по устойчивому развитию «Рио+10» в Йоханнесбурге (Южно-Африканская Республика) в 2002 г.

В связи с огромной важностью водных проблем 2003 год был объявлен ООН Международным годом пресной воды, проведено множество национальных и международных мероприятий – науч-

ных, общественных, экономических конференций и семинаров, крупнейшим из них стал Третий Всемирный форум по водным ресурсам (Киото, Япония, 2003).

Начало глобальным мероприятиям по водным ресурсам было положено еще в 1977 г. на конференции в Мар-дель-Плата (Аргентина). 1980-1989-е годы были объявлены Международным десятилетием питьевого водоснабжения и санитарии; результат этого мероприятия - доступ к чистой пресной воде был улучшен для половины тех жителей планеты, которые страдают от ее недостатка.

В 1992 г. в Дублине (Ирландия) состоялась Международная конференция по водным ресурсам и окружающей среде, которая предложила человечеству четыре принципа в отношении водных ресурсов:

- пресная вода - ограниченный и уязвимый ресурс, необходимый для сохранения жизни, развития и окружающей среды;
- улучшение состояния водных ресурсов и управление ими должно опираться на совместные усилия пользователей, разработчиков планов и политиков на всех уровнях;
- женщины играют главную роль в снабжении водой, управлении водными ресурсами и их защите;
- вода имеет большую ценность для экономики во всех ее конкурирующих областях и должна признаваться экономическим благом.

В этом перечне принципов, как представляется, в пункте втором упущены экологи и, в частности, общественные природоохранные организации, а в последнем пункте следовало бы говорить не о большой, а о фундаментальной ценности воды, так как она является незаменимым, не замещаемым ресурсом и ни экономика, ни сама жизнь не могут существовать без нее.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. определила решение водных проблем в качестве необходимого условия устойчивого развития: это положение развивается в основном документе конференции - "Повестке дня на XXI век". Второй Всемирный форум по водным ресурсам в Гааге в 2000 г. и Международная конференция в Бонне в 2001 г. наметили пути улучшения управления водными ресурсами в целях устойчивого развития. Гаагский форум сформулировал семь основных направлений будущих действий:

- удовлетворение базовых потребностей людей в безопасной питьевой воде и в благоприятных санитарно-гигиенических условиях;
- обеспечение продовольственной безопасности посредством более эффективного использования водных ресурсов;

- защита экосистем и обеспечение их целостности путем устойчивого управления водными ресурсами;

- совместное использование как различными хозяйствующими субъектами, так и государствами водных ресурсов на основе устойчивого управления ими;

- защита от опасностей, связанных с водой, путем управления рисками;

- управление водными ресурсами на основе определения ценности воды в экономическом, социальном, экологическом, культурном аспектах и установление такой цены на воду, которая не ляжет тяжелым бременем на бедные и уязвимые слои населения;

- рациональное управление водными ресурсами при общественном контроле и соблюдении интересов всех слоев населения.

Позднее эти направления были дополнены еще четырьмя:

- развитие более экологически безопасной промышленности, не наносящей ущерба качеству воды и потребностям в ней других потребителей;

- учет ключевой роли воды в выработке энергии для обеспечения растущих потребностей в ней;

- значение воды для быстро урбанизирующегося мира;

- обеспечение для всех доступности информации о водных ресурсах и водопользовании.

Первостепенное внимание было уделено водным проблемам на Саммите тысячелетия, на который в сентябре 2000 г. собрались руководители 189 стран - членов ООН. Среди сформулированных на этом форуме целей развития на ближайшие десятилетия отмечена необходимость "к 2015 г. сократить наполовину число людей, не имеющих доступа к доброкачественной питьевой воде, а также к санитарному обслуживанию".

К Всемирному саммиту по устойчивому развитию в 2002 г. в Йоханнесбурге Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан сформулировал пять ключевых проблем перехода человечества к устойчивому развитию: вода и канализация, энергия, здоровье, сельское хозяйство, биоразнообразие, сокращенно обозначаемых в англоязычной литературе как WENAB (Water and Sanitation, Energy, Health, Agriculture, Biodiversity). Вода здесь поставлена на первое место, так как она является ключевым фактором для решения и всех остальных проблем.

Важное место занимают водные проблемы в повестках дня саммитов и иных совещаний, проводимых "Большой восьмеркой" ("Группой восьми", G8). Впервые эта тема была затронута в марте 1999 г. на встрече министров окружающей среды "Большой восьмерки" в Шверине (ФРГ); в заявлении министры подчеркну-

ли, что ухудшение экологического состояния природных ресурсов, прежде всего водных, их дефицит "могут стать причиной возникновения или осложнения гражданских конфликтов и конфликтов между государствами". Через год на саммите в Миядзаки (Япония) была выдвинута инициатива "Конфликт и развитие"; в этом документе отмечалось, что «"Большая восьмерка" рассматривает пути экономической помощи и помощи развитию для того, чтобы воздействовать на причины конфликтов, вырастающих из борьбы за природные ресурсы, такие, как вода, и поощрить региональные подходы к управлению ими». На встрече министров иностранных дел "Большой восьмерки" в 2002 г. (Уистлер, Канада, 12-13 июня) эта тема получила дальнейшее развитие. В частности, было заявлено, что "Большая восьмерка" "предлагает поделиться своим опытом и знаниями с заинтересованными государствами и организациями регионального сотрудничества в целях поддержки управления общими водными ресурсами". Были сформулированы принципы, которым "Большая восьмерка" предполагает следовать в своих инициативах по решению водных проблем: предотвращение угроз, уважение суверенитета, сотрудничество, надлежащее управление, ответственность. Наконец, на саммите в Эвиане (Франция) в 2003 г. был принят «План действий "Большой восьмерки" по водным ресурсам».

Однако все предпринятые до сих пор меры недостаточны и проблему дефицита пресной воды отнюдь не решают. По прогнозам ООН, в ближайшие 10 лет следует ожидать, что объем ресурсов пресной воды в расчете на душу населения в мире сократится на четверть - в годовом исчислении с 3 тыс. до 2,3 тыс. м³ [Важнейший ресурс планеты, 2005]. Согласно тем же прогнозам, общий объем потребления пресной воды к 2025 г. возрастет не менее чем на 40% в сравнении с 2004 г. Позитивный опыт Международного десятилетия питьевого водоснабжения и санитарии 1980-1989 гг. решено использовать: 2005 год ООН объявила Всемирным годом воды, а следующую за ним декаду - Международным десятилетием воды для жизни.

1.2. ЗАПАСЫ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ. ДОСТУПНЫЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ ЗАПАСЫ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

Потребности в воде для разных целей непрерывно растут, увеличивая антропогенное давление на водные ресурсы и акваэкосистемы. Многие регионы испытывают хронический недостаток воды, в других случаются нерегулярные, но достаточно час-

Таблица 1.2.1. Оценки количества воды в различных природных объектах [по: Rodda, 1997]

Природные объекты	Объем, 10 ³ км ³	% от общей массы	% пресной воды	Годовой оборот, 10 ³ км ³	Время замещения
Океан	1 338 000	96,5	-	505 000	2600 лет
Подземные воды до 2000 м	23 400	1,7	-	-	-
Пресные подземные воды	10 530	0,76	30,1	-	-
Почвенные воды	16,5	0,001	0,005	16 500	1 год
Ледники и вечные снега	24 000	1,74	68,7	-	-
Антарктика	21 600	1,56	61,7	-	-
Гренландия	2340	0,17	6,68	2477	9700 лет
Арктические о-ва	83,5	0,006	0,24	-	-
Горные ледники	40,6	0,003	0,12	25	1000 лет
Грунтовые льды (мерзлота)	300	0,022	0,86	30	10 000 лет
Озера	176,4	0,013	-	10 400	17 лет
Пресные озера	91	0,007	0,26	-	-
Соленые озера	85,4	0,006	-	-	-
Марши, болота	11,5	0,0008	0,03	2294	5 лет
Реки	2,12	0,0002	0,006	49 400	16 дней
Биологические объекты	1,12	0,0001	0,003	-	-
Атмосфера	12,9	0,001	0,004	600 000	8 дней
Все объекты	1 386 000	100	-	-	-
Пресная вода	35 000	2,53	100	-	-

тые и продолжительные засухи. Растет как население Земли в целом, так и потребление воды в расчете на одного жителя. При сохранении такого типа развития водный кризис неизбежен, его наступление возможно в обозримом будущем. Уже сейчас локальные водные кризисы - отнюдь не редкость, при этом они подчас становятся причиной межгосударственных конфликтов на некоторых международных водосборах.

Запасы воды на Земле колоссальны, но возможность их использования ограничена в первую очередь природными факторами, в том числе экологическими (хотя все еще нередко встречаются оценки, например, гидроэнергетического потенциала, при расчете которых экологические ограничения совсем не принимаются во внимание). Огромная масса воды в Мировом океане имеет высокую соленость, запасы пресной воды в ледниковых покровах малодоступны из-за удаленности и состояния в твердой фазе, как и грунтовые льды мерзлых пород. Значительная часть подземных вод минерализована и залегает на больших глубинах, половина массы озерной воды также засолена. Поэтому количество пресной воды, доступной для потребления, оказывается существенно ограниченным (в сопоставлении с современными потребностями цивилизации).

В табл. 1.2.1 приведены оценки запасов воды на планете и некоторые их характеристики [см. также: *Клиге* и др., 1998]. Что касается экологических ограничений, то они определяют, в частности, объемы изъятия пресной воды из водного объекта, допустимые с позиций сохранения воспроизводимости водных ресурсов и водных экосистем, обеспечения неистощительного водопотребления.

Из табл. 1.2.1 видно, что масса пресной воды во всех природных объектах составляет 35 тыс. км³ (округленно), или около 2,5% от массы всей воды. Но речные воды - возобновляемый ресурс, где возобновление происходит в среднем через каждые 16 дней, а средний годовой сток рек мира составляет около 50 тыс. км³. Рис. 1.2.1 дает наглядное представление о соотношениях объемов соленой и пресной воды, а также объемов пресной воды в источниках различных типов.

На рис. 1.2.2 представлены данные о размерах водных запасов и их доступности для человечества [*Rodda*, 1997]. Имеющиеся запасы оцениваются в пределах от 35 до 48 тыс. км³, а доступные для использования - в пределах от 24 до 35 тыс. км³. На этом же рис. 1.2.2 показан рост потребления воды в XX в. и сценарии его роста до 2050 г., а также потери воды в результате загрязнения.

Оценки потребления воды в мире и его роста в XX в. приведены в табл. 1.2.2. Эти данные свидетельствуют о беспрецедент-

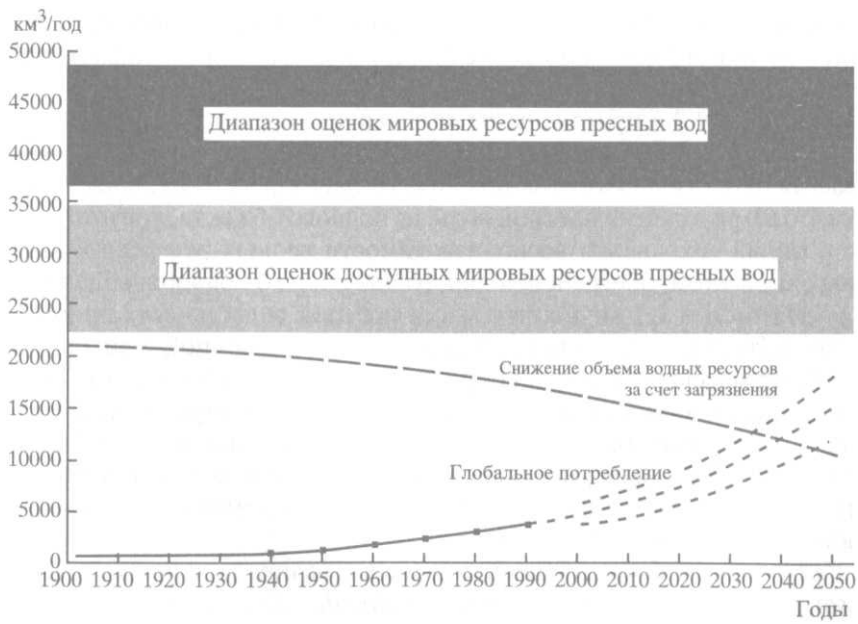
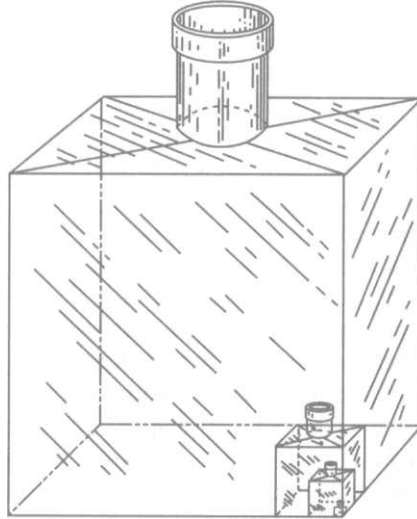


Рис. 1.2.2. Ресурсы воды, потребности в ней и снижение объема водных ресурсов вследствие загрязнения (показано условно, как средняя по различным сценариям тенденция) [Rodda, 1997]

Таблица 1.2.2. Потребление воды в мире при различных видах деятельности человека с 1900 по 2000 г., км³ в год [Shiklomanov, 1997]

Показатель	1900	1940	1950	1960	1970	1975	1980	1990	2000
Сельское хозяйство									
А	525	893	1130	1550	1850	2050	2290	2680	3250
Б	409	679	859	1180	1400	1570	1730	2050	2500
Индустрия									
А	37,2	124	178	330	540	612	710	973	1280
Б	3,5	9,7	14,5	24,9	38	47,2	61,9	88,5	117
Коммунальное хозяйство									
А	16,1	36,3	52	82	130	161	200	300	441
Б	4	9	14	20,3	29,2	34,2	41,1	52,4	64,5
Водохранилища									
А	0,3	3,7	6,5	23	66	103	120	170	220
Б	0,3	3,7	6,5	23	66	103	120	170	220
Суммарный объем									
А	579	1060	1360	1990	2590	2930	3320	4130	5190
Б	417	701	894	1250	1540	1760	1950	2360	2900

Примечание. А - полное водопотребление, Б - безвозвратный расход.

ном росте потребления воды в XX в., имевшем, впрочем, как и многие другие показатели хозяйственной деятельности, взрывной характер (рис. 1.2.3). В табл. 1.2.3 приведены данные о водозаборе и безвозвратном расходе воды по континентам - того же автора, но более поздние, чем в табл. 1.2.2.

Точность приведенных в таблицах этого раздела оценок относительно невысока, что видно особенно хорошо из табл. 1.2.2 и 1.2.3. Это связано с тем, что для всех уровней - локального, регионального и глобального - характерен недостаток данных как об объемах (массах) воды в различных природных объектах и речном стоке, так и о водозаборе из водоисточников и ее потреблении. Однако сопоставление этих данных с показателями использования иных ресурсов не оставляет сомнений в том, что вода - главный природный ресурс для человечества.

Как в научных работах [см., в частности: *Львович, 1974; Мировой водный..., 1974*], так и публицистических выступлениях часто отмечается неравномерность распределения водных ресурсов по территории. Эту неравномерность, имеющую естест-

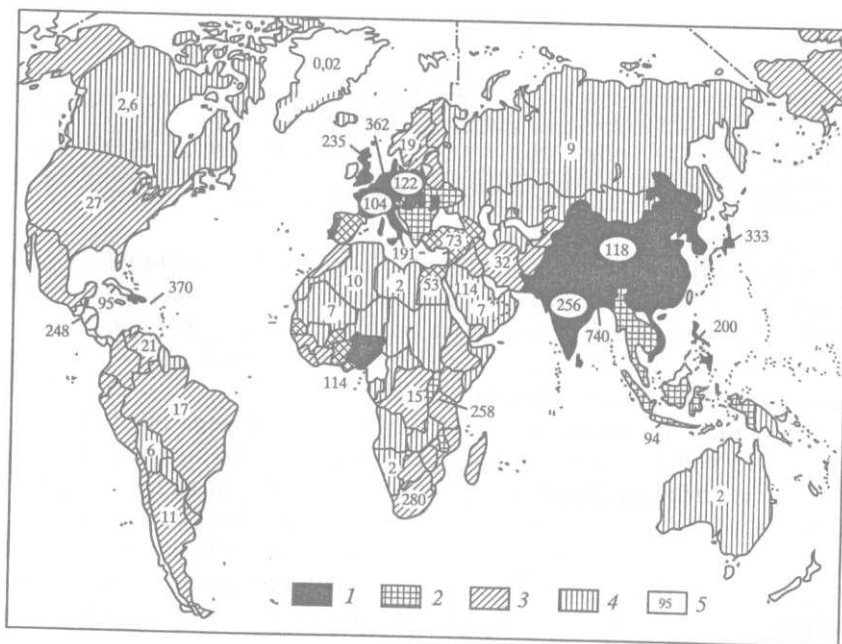
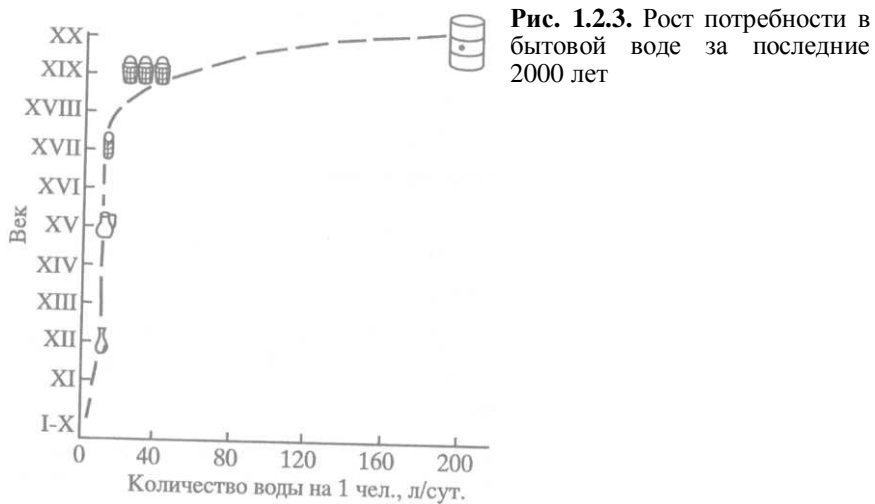


Рис.1.2.4. Средняя плотность населения по странам мира [Максаковский, 2003]

Плотность населения, чел. на 1 км^2 : 1 - свыше 100; 2 - от 50 до 100; 3 - от 10 до 50; 4 - до 10; 5 - плотность населения в отдельных странах

Таблица 1.2.3. Динамика использования воды на континентах с 1900 по 2000 г., км³ в год [Shiklomanov, Balonishnikova, 2003]

Континенты	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Европа	37,5	96,1	136	226	325	449	482	463
Северная Америка	13,8	38,1	50,5	88,9	122	177	198	197
Африка	69,6	221	287	410	555	676	653	705
Азия	29,2	83,8	104	138	181	221	221	243
	40,7	49,2	55,8	89,2	124	166	203	235
	27,5	32,9	37,8	61,3	87,0	124	150	170
	414	682	843	1163	1417	1742	2114	2357
	249	437	540	751	890	1084	1315	1458
Южная Америка	15,1	32,6	49,3	65,6	87,0	117	152	182
Австралия и Океания	10,8	22,3	31,7	39,6	51,1	66,7	81,9	96
Сумма (округленно)	1,6	6,8	10,4	14,5	19,9	23,5	28,5	32,5
	0,6	3,3	5,0	7,2	10,3	12,7	16,4	18,7
	579	1088	1382	1968	2526	3175	3633	3973
	331	617	768	1086	1341	1686	1982	2182

Примечание. Верхний ряд - полное водопотребление, нижний - безвозвратный расход.

венное, природное происхождение, нередко пытаются объявить главной (если не единственной) причиной возникновения водного дефицита в районах, бедных водными ресурсами. Однако выводы, к которым приводит анализ распределения водных ресурсов по территории земной суши, требуют более адекватных формулировок.

Действительно, если для оценки неравномерности распределения гидроресурсов воспользоваться отношением их запасов h_i на участке i к его площади S_i , то показатель удельной водообеспеченности территории $W_i = h_i/S_i$ может очень сильно различаться даже для географически близких районов. Однако в биосфере "равномерности" не бывает, равномерность - признак высокой энтропии и соответственно низкого уровня развития системы. Негативная оценка неравномерности распределения водных ресурсов обуславливается не вариабельностью показателей удельной водообеспеченности в расчете на единицу площади, а их расхождением с плотностью населения $d_i = L_i/S_i$, где L_i - численность населения на территории i (на рис. 1.2.4 показана средняя плотность населения по странам мира). Об указанной неравномерности никто бы и не вспомнил, если бы при разных i мало различались показатели водообеспеченности населения, т.е. $V_i = W_i/d_i = h_i/L_i$. В иллюстративных целях приведем значения показателей

Таблица 1.2.4. Водообеспеченность континентов [по: Джамалов, 2004]

Континент	Площадь, млн км ²	Водные ресурсы (h_i), км ³ /год		Водообеспеченность территории (W_i), тыс. м ³ /год * км ²	Водообеспеченность населения (h_i/L_i), тыс. м ³ /год * чел.
		Средне-многолетний речной сток	Подземные воды		
Европа	10,46	2900	680	344	4,0
Северная Америка	24,3	7900	1600	392	21
Южная Америка	17,9	12 000	3 600	876	40
Азия	43,5	14 000	2400	366	4,3
Африка	30,1	4100	980	166	5,0
Австралия	7,63	350	300	85	33
Вся суша*	135	43 000	9600	388	8,6

* В этой строке кроме континентов учтена Океания.

h_i (условно приняты равными среднемуголетнему речному стоку), W_i и V_i для континентов¹ (табл. 1.2.4). Расхождения в оценках среднемуголетнего стока (впрочем, как и запасов пресных подземных вод) по данным различных источников достигают 10%, так что для соответствующих показателей (и зависящих от них чисел) достаточно привести две значащие цифры, прочие заведомо неинформативны.

Как видно из табл. 1.2.4, даже для крупнейших регионов, каковыми являются континенты, максимальное значение удельной водообеспеченности территории W_i превосходит минимальное более чем в 10 раз; аналогичное соотношение для удельной водообеспеченности в расчете на душу населения h_i/L_i дает 8,0. Естественно, чем меньше регионы, тем разброс обоих показателей больше, так что, например, сравнение Сахеля и бассейна р. Индигирки по h_i/L_i приведет к разнице в несколько порядков. Рис. 1.2.5 дает представление о водообеспеченности по странам мира.

¹ Водообеспеченность в разных исследованиях понимается по-разному, но утверждение о высокой дифференциации этого показателя верно при любых способах его измерения. Непосредственное сложение показателей речного стока и подземных запасов может оказаться дезориентирующим в силу хорошо изученных гидрологических причин. Так называемая климатическая водообеспеченность далеко не всегда адекватно отражает возможности удовлетворения народно-хозяйственных потребностей. Для наших целей вполне приемлемо определять водообеспеченность территории как отношение речного стока к ее площади.

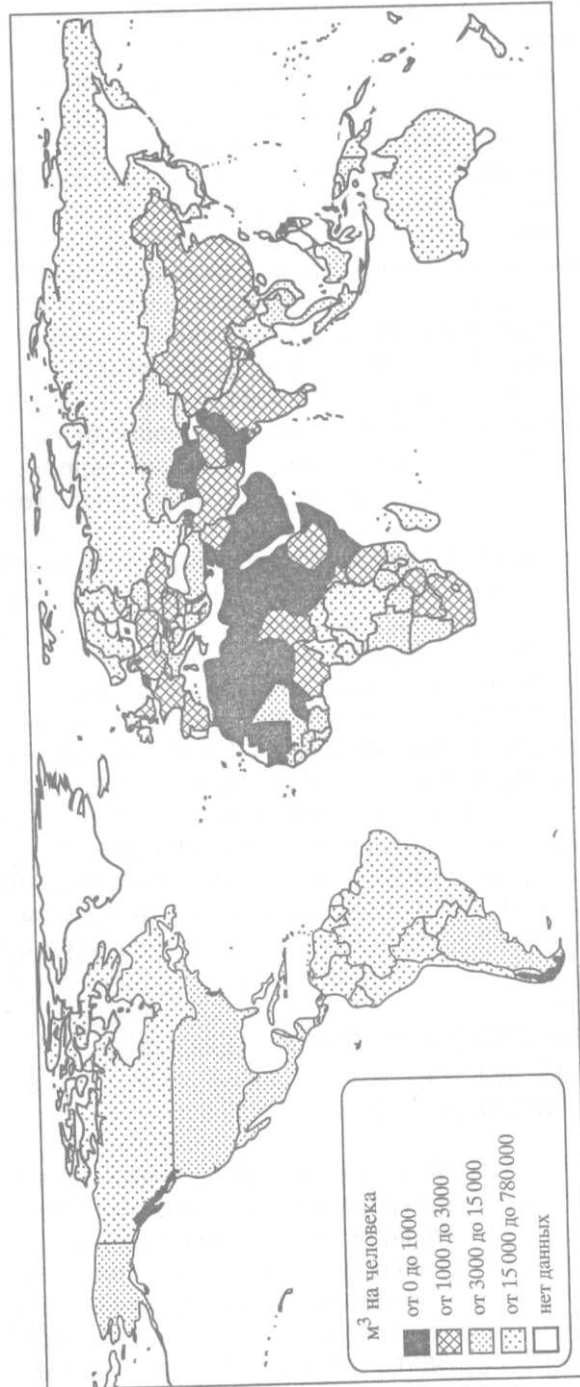


Рис. 1.2.5. Водные ресурсы на душу населения, 2002 г.

Большой разброс показателей h_i/L_i , однако, историческое завоевание человечества. Первоначально люди расселялись исключительно по берегам рек и озер, на территориях с высокой водообеспеченностью (и рис. 1.1.1. и 1.1.2 показывают, что именно такие местности остаются наиболее населенными и сегодня). Однако наделенный разумом человек с невиданной скоростью расширял ареал обитания, занимая новые земли, условия на которых обычно оказывались хуже, чем на ранее заселенных. Начав с наилучших значений h_i/L_i , человек постепенно заселил практически всю сушу (кроме обледенелых и оголенных территорий), в том числе и участки с весьма низкими значениями этого показателя. Однако неравномерность по h_i/L_i все же остается меньшей, чем по W_i ; характерно, что Австралия, самый засушливый из пяти обитаемых континентов по природным условиям (т.е. по W_i), оказывается второй по водообеспеченности на душу населения после Южной Америки, лидирующей по обоим показателям.

Долгосрочные прогнозы динамики водообеспеченности, исходящие из демографических прогнозов и предположения о неизменности объема доступных водных ресурсов, неутешительны. Водообеспеченность в мире в расчете на одного человека в 2002 г. уменьшилась в сравнении с 1970 г. почти вдвое, однако к 2050 г. следует ожидать ее дальнейшее снижение в сравнении с 2002 г. в полтора раза. На самом деле ситуация может оказаться еще менее благоприятной, если не удастся переломить тенденцию ухудшения качества воды в природных источниках по антропогенным причинам; кроме того, климатологические прогнозы указывают на высокую вероятность ухудшения условий водопользования из-за изменения режима осадков (в большинстве регионов предполагается увеличение их неравномерности в течение года).

1.3. СИСТЕМЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Система наблюдений за водными объектами должна обеспечивать получение данных обо всех составляющих водного цикла - осадках, стоке, испарении, подземных водах. Необходимы также измерения транспорта наносов и растворенных веществ. Вся такая информация требуется для оценки состояния водных объектов, качества воды в них и возможностей ее использования в хозяйственных целях, в том числе изъятия (воз-

вратного и безвозвратного). Традиционно эти наблюдения ведутся наземными сетями станций, оборудованных инструментарием для измерений. В настоящее время традиционные сети дополняются дистанционными средствами измерений: метеорологическими радарами, спутниковыми и авиационными наблюдениями. Однако дистанционные методы используются ограниченным числом стран. В настоящее время уже есть спутники, оснащенные специальными приборами для наблюдений за океаном и ледниками, однако специальные гидрологические спутники пока не созданы.

В табл. 1.3.1 приведены данные о глобальной сети гидрологических наблюдений, при этом учтены наблюдательные станции, данные которых предназначены для различных исследовательских целей, например, входящие в сеть репрезентативных водосборов, обеспечивающие информацией, в частности, Всемирную гидрологическую службу. Эта информация недостаточна, на суше остается много территорий с очень редкой инструментальной наблюдательной сетью, в то же время некоторые районы насыщены наблюдательными станциями. Это в первую очередь развитые страны (табл. 1.3.2).

Из табл. 1.3.2 видно, что наиболее плотная сеть наблюдений находится в Европе, а наиболее редкая - в Африке, причем по некоторым измеряемым гидрологическим переменным разница составляет десятки раз. Но огромный участок земной поверхности - Мировой океан практически не имеет сети наблюдений за такими важными составляющими глобального водного баланса, как осадки и испарение. Также мало охвачены гидрологическими наблюдениями малые водосборы и горные реки.

Измерения гидрологических переменных сталкиваются с рядом проблем, связанных в первую очередь с изменениями условий окружающей среды в речных бассейнах, как обусловленными естественными процессами, так и вызванными хозяйственной активностью людей. Основная часть измерительных станций размещается на водосборах, где организованы различные производственные процессы. Длительные ряды наблюдений получены в основном на станциях, расположенных в районах интенсивно освоенных водосборов; в таких районах постоянно меняются условия формирования стока, режим стекания воды по поверхности водосбора, что существенно нарушает однородность рядов и затрудняет их использование.

Другая важная проблема связана с репрезентативностью схемы расположения измерительной сети наблюдений. Проблема репрезентативности относится и непосредственно к измерениям.

Таблица 1.3.1. Глобальная сеть гидрологических наблюдений [Rodda, 1997]

Переменные	Тип станции	Количество станций	
		Африка	Азия
Осадки	Б/с	17 036	39 456
	Самописец	2639	18 864
	Телеметрия	8	1916
	Радар	9	56
Испарение	Испаритель	1508	3686
	Другие	374	7
Расход	Н/о	5703	11 543
	Б/с	3045	8479
	Самописец	1856	3064
Уровни воды	Телеметрия	39	2033
	Н/о	3410	6405
	Б/с	2244	3800
	Самописец	1856	3064
Наносы	Телеметрия	39	2033
	Взвешенные	859	3820
Качество воды	Донные	6	685
		5297	5045
<i>Подземные воды</i>			
Уровни	Н/к	4884	16 657
	П/к	31 804	63 705
Температура	Н/к	287	2514
	П/к	243	88
Качество воды	Н/к	4898	1964
	П/к	5674	45 187

Примечание. Б/с - станции без самописца, Н/о - станции не определенные ("с самописцем" или "без самописца"), Н/к - наблюдательный колодец (скважина), П/к - продуктивный колодец (скважина).

* Пацифика включает Австралию, Новую Зеландию и Океанию.

Так, например, транспорт наносов и растворенных веществ меняется в вертикальном и горизонтальном направлениях, а для взятия проб часто используется метод интегрированного отбора по глубине.

Снижение ошибок при измерении гидрологических переменных - одна из задач Всемирной организации по стандартизации

Южная Америка	Количество станций				Всего
	Северная Америка	Пацифика *	Европа		
19 247	19 973	15 276	40 367	151 355	
4124	5280	3332	8422	42 661	
211	1923	515	459	4132	
3	82	8	35	193	
2031	2716	1120	1499	12 560	
40	11	1049	488	1969	
7924	13 211	5838	19 798	64 017	
5691	2080	2043	6137	27 475	
2233	11 128	3795	13661	35 737	
158	3613	1075	2561	9479	
5872	11 274	1167	10 474	38 602	
4244	1725	522	5826	18 361	
2333	11 128	3795	13 661	35 737	
158	3613	1075	2561	9479	
1561	5217	619	3712	15 788	
505	0	1	549	1746	
2752	31 462	1690	55 397	101 625	
1133	19 818	18 585	85 075	146 152	
14 159	14 099	13 504	38 452	175 714	
5200	21 097	4888	18 967	52 980	
5539	21 501	888	1641	29 900	
320	13 757	7935	14 889	43 763	
3416	14 825	3172	23 711	95 985	

(ISO, ИСО) и департамента гидрологии Всемирной метеорологической организации (WMO, ВМО). При следовании стандартам точность измерения конкретного расхода воды на отдельной станции может составлять 7%, а при 15-минутном осреднении расхода 5%, и соответственно средние суточные, средние месячные и средние годовые расходы также будут иметь ошибку 5%

Таблица 1.3.2. Сеть наблюдений за гидрологическим циклом и качеством воды в мире (число квадратных километров на одну станцию наблюдений)

Объект измерения	Европа	Азия	Южная Америка	Северная Америка	Пацифика	Африка	Мир в целом
Осадки	112	720	772	772	418	1539	657
Сток	358	1728	1142	760	627	3017	953
Испарение	5032	11 752	8827	7466	3688	16 100	8971
Наносы	2347	9634	8848	3902	12 903	35 029	7434
Качество воды	181	3623	1439	254	4734	5720	1282

Таблица 1.3.3. Рекомендуемая точность измерения гидрологических переменных (уровень неопределенности) для 95% доверительного интервала (по материалам ВМО)

Гидрологические переменные	Рекомендуемая точность
Осадки (сумма и форма)	3-7%
Интенсивность осадков	1 мм/ч
Высота снега (в точке)	1 см при менее 20 см и 10% при высоте более 20 см
Водность снега	2,5-10%
Испарение (в точке)	2-5%, 0,5 мм
Скорость ветра	0,5 м/с
Уровень воды	10-20 мм
Высота волны	10%
Глубина воды	0,1 м, 2%
Ширина водной поверхности	0,5%
Скорость течения	2,5%
Расход воды	5%
Концентрация взвешенных наносов	10%
Сток наносов	10%
Сток донных наносов	25%
Температура воды	0,1-0,5 ⁰
Растворенный кислород (при температуре воды более 10 °С)	3%
Мутность	5-10%
Цвет	5%
pH	0,05-0,1 ед. pH
Электропроводность	5%
Толщина льда	1,2 см, 5%
Покрытость льдом	5% для 20 кг/м ³
Влажность почвы	1 кг/м ³ при 20 кг/м ³

Примечание. Величины более высокой точности относятся к измерениям в благоприятных условиях, менее высокой - к измерениям в неблагоприятных условиях.

Однако во многих странах рекомендации Всемирной метеорологической организации и требования к точности измерений не соблюдаются (табл. 1.3.3).

Приведенные в табл. 1.3.3 требования к точности измерения гидрологических переменных в большинстве случаев не соблюдаются по многим причинам, начиная с приборной базы, уровня подготовки персонала и кончая природными условиями измерений. Как отмечено в [Rodda, 1997], "ошибками в большинстве оценок водных ресурсов, при их виртуальности в разных масштабах, обычно пренебрегают. Величина этих ошибок для большинства национальных оценок неизвестна, за исключением тех стран (например, Новая Зеландия), где применяется тотальное управление качеством данных". Все более широко применяемые в настоящее время дистанционные методы (метеорологические радары, аэрокосмические методы) в конечном итоге калибруются по наземным измерениям, поэтому их точность всегда будет меньше точности последних.

Проблемы, связанные с точечными измерениями осадков

Проблемы измерения осадков существенно осложняются следующими обстоятельствами:

- недостаточное пространственное и временное покрытие;
- использование в 136 странах в сети, покрывающей 90% территории суши, 54 различных типов осадкомеров и большого количества различных самописцев осадков;
- отсутствие для многих типов осадкомеров достоверных оценок ошибок измерений;
- несоответствие установки многих осадкомеров и их окружения принятым в мировой практике стандартам;
- изменения экспозиции осадкомеров, их нередкие перемещения;
- установка осадкомеров новых типов без сравнения с показаниями старых;
- изменения практики наблюдений;
- отсутствие (за редкими исключениями) документированных летописей станций [Rodda, 1997].

Международной стандартизацией в гидрометрии (речной сток, подземные воды, осадки, транспорт наносов и растворенных веществ) занимается Международная организация по стандартизации, ее Технический комитет 113 (ISO/TC 113). Ниже приводится перечень документов, подготовленных Комитетом 113, которые подразделяются на три группы: Стандарты (ISO Standards) (табл. 1.3.4), Технические спецификации (ISO Technical

Таблица 1.3.4. Стандарты ISO

ISO 748	Методы "скорость-площадь"
ISO 772	Словарь и символы
ISO 1070	Метод "уклон-площадь"
ISO 1088	Методы "скорость-площадь": сбор и обработка данных для определения ошибок измерения
ISO 1100-1	Организация и операции станции измерений
ISO 1100-2	Определение связи "уровни-расходы"
ISO143801	Тонкостенные водосливы
ISO 2425	Измерение потока в условиях приливно-отливных явлений
ISO 2537	Измерители течений
ISO 3454	Промеры и инструменты
ISO 3455	Калибровка (тарировка) измерителей течения
ISO 3716	Приборы для взятия проб наносов
ISO 4359	Прямоугольный, трапецидальный V-образный лотки
ISO 4360	Водослив с треугольным профилем
ISO 4362	Водослив с широким трапецидальным порогом
ISO 4363	Методы измерения взвешенных наносов
ISO 4364	Отбор проб донных наносов
ISO 4365	Размер частиц наносов, распределение, относительная плотность
ISO 4366	Эхолоты для измерения глубин
ISO 4369	Метод движущейся лодки
ISO 4371	Метод конечной глубины для измерения потока в непрямоугольном русле
ISO 4373	Устройства для измерения уровня воды
ISO 4374	Водослив с закругленным широким порогом
ISO 4375	Подвесная система для измерения потока
ISO 4377	Плоский V-образный водослив
ISO 6416	Измерение расхода воды ультразвуковым (акустическим) методом
ISO 6420	Фиксирование приборов на лодках
ISO 8333	V-образный водослив с широким порогом
ISO 8368	Руководство для выбора структуры
ISO 9123	Связь падения уровня и расхода
ISO 9195	Отбор образцов и анализ гравийного донного материала
ISO 9196	Измерение расходов под ледяным покровом
ISO 9213	Электромагнитный метод измерения с использованием full channel width coil
ISO 6421	Измерение наносов в водохранилище
ISO 9555-1	Методы растворенных трасеров. Часть 1. Общая
ISO 9555-2	Методы растворенных трасеров. Часть 2. Радиоактивные трасеры
ISO 9555-3	Методы растворенных трасеров. Часть 3. Химические трасеры

Таблица 1.3.4 (окончание)

ISO 9555-4	Методы растворенных трасеров. Часть 4. Флуоресцентные трасеры
ISO 9825	Измерения расходов больших рек и паводков
ISO 9826	Лотки Паршалла и САНИИРИ
ISO 9827	Струйный водослив треугольного профиля
ISO 11329	Измерение транспорта наносов в приливном русле
ISO 11655	Метод специального использования гидрометрического оборудования
ISO 14139	Составная измерительная станция
ISO 24154	Акустический Допплеровский профилограф

Таблица 1.3.5. Технические спецификации ISO (ISO/TS)

ISO/TS 15768	Электромагнитный измеритель течения (метод использования)
ISO/TS 15769	Допплеровский измеритель течения

Таблица 1.3.6. Технические сообщения ISO (ISO/TR)

ISO/TR 7178	Исследование общей ошибки
ISO/TR 8363	Руководство по выбору метода
ISO/TR 9202	Поправка смоченной части троса
ISO/TR 9210	Измерение в меандрирующем русле с неустойчивыми берегами
ISO/TR 9212	Измерение расхода донных наносов
ISO/TR 9823	Измерение при использовании ограниченного числа вертикалей
ISO/TR 9824	Измерение потоков со свободной поверхностью в замкнутых водотоках
ISO/TR 11 328	Измерение расхода при ледовых явлениях
ISO/TR 11 330	Определение объема озер и водохранилищ
ISO/TR 11 332	Неустойчивые русла и эфемерные потоки
ISO/TR 11 627	Речной поток на основе модели неустановившегося течения
ISO/TR 11 656	Длина перемешивания трасера
ISO/TR 11 974	Электромагнитный измеритель течения (прибор)
ISO/TR 14 685	Геофизический каротаж скважин
ISO/TR 14 686	Опытные откачки скважин

Specifications - ISO/TS) (табл. 1.3.5) и Технические сообщения (ISO Technical Reports - ISO/TR) (табл. 1.3.6). Все стандарты опубликованы на английском и французском языках. Их можно получить из ISO в Женеве, Швейцария².

В мире функционирует несколько центров сбора и контроля гидрологических данных перед их архивацией, которые помогают национальным гидрологическим службам налаживать контроль за качеством данных: Служба всемирного мониторинга ледников в Цюрихе (World Glacier Monitoring Centre, Zurich), Глобальный центр данных о стоке в Кобленце (Global Runoff Data Centre, Koblenz), Глобальный центр климатологии осадков в Оффенбахе (Global Precipitation Climatology Centre, Offenbach) и Центр сотрудничества по качеству поверхностных и подземных вод в Барлингтоне (Centre for Surface and Groundwater Quality, Burlington). Всемирная продовольственная организация (ФАО) с 1993 г. аккумулирует и предоставляет данные об использовании воды в сельском хозяйстве через всемирную информационную систему AQUASTAT.

Международная ассоциация гидрологических наук

Международная ассоциация гидрологических наук входит в Международный союз геодезии и геофизики (IUGG). Направлениями деятельности ассоциации служат: содействие исследованиям в гидрологии как части наук о Земле и водных ресурсах; проведение обсуждений, сравнений и публикация результатов научных исследований; инициирование исследований, содействие им и их координация для тех гидрологических проблем, которые требуют международного сотрудничества. В ассоциации имеется девять научных комиссий: Международная комиссия по поверхностным водам (ICSW); Международная комиссия по подземным водам (ICGE), Международная комиссия по континентальной эрозии (ICCE); Международная комиссия по снегу и льду (ICSI); Международная комиссия по качеству воды (ICWQ); Международная комиссия по водноресурсным системам (ICWRS); Международная комиссия по дистанционному зондированию (ICRS); Международная комиссия по атмосферно-почвенно-растительным связям (ICASVR) и Международная комиссия по трасерам (ICT). Важной функцией Ассоциации служит информирование научного сообщества о прогрессе в гидрологических науках. Она издает журнал "Hydrological Sciences Journal" (ISSN 0262-6667), бюллетень "Bulletin of IASH". С 1924 г. выпуска-

2 Адрес Центрального секретариата: ISO Central Secretariat, International Organization for Standardization, 1, Rue de Varembe, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland. Fax:+41 22 733 34 30; www.iso.ch/iso/en/ISOonline.frontpage

Таблица 1.3.7. Глобальная площадь, объем озер мира, средний коэффициент озерности* по данным разных исследователей [Рянжин, 2005]

Источник	Глобальное значение		
	Площадь озер, млн км ²	Объем озер, тыс. км ³	Коэффициент озерности, %
Пенк А., 1894	2,5	—	1,68
Нейс Р., 1969	1,525	230	1,0
Львович М.И., 1974	·	275	·
Тамразян Г.П., 1974	2,7	166	1,81
Будыко М.И., 1980	2,1	·	1,41
Мулхолланд П., Элвуд Дж., 1982	2,0	·	1,34
Лосев К.С., 1989	·	280(180-750)	·
Шикломанов И.А., 1993	2,1	176	1,41
Мейбек М., 1995	2,6	179	1,74
Рянжин С.В., 2005	2,69	179,6	1,81

* Отношение суммарной площади озер к площади суши, взятой как 149,1 млн км².

ются так называемые "красные книги" (ISSN 0144-7815) с трудами симпозиумов, проведенных Ассоциацией. До конца 2000 г. вышло 286 книг. С 1989 г. издаются "голубые книги" (ISSN 1024-4891) с докладами отдельных лиц или групп, выполненных в рамках деятельности Ассоциации. Информация об изданиях имеется в Интернете: <http://www.wlu.ca/~www.iahs/index.html>, об Ассоциации - в руководстве IAHS Handbook 1999-2003.

Системы и сети гидрологических наблюдений служат основой для научных исследований и решения практических вопросов использования водных ресурсов. Существует огромное число научных организаций и подразделений (институтов, университетов, проектных организаций, исследовательских департаментов и отделов и т.п.), занимающихся исследованием водных объектов, водного цикла, качества воды, водных экосистем и водохозяйственных систем. На международном уровне эти научные ячейки объединяет Международная ассоциация гидрологических наук (английская аббревиатура - IAHS, французская - AISH), которая в своей деятельности опирается на Национальные комитеты. Непосредственную работу осуществляют научные комиссии Ассоциации. Несмотря на древность гидрологической науки (ее история насчитывает примерно 5000 лет), в ней не решены даже многие "классические" проблемы, не говоря о непрерывно возника-

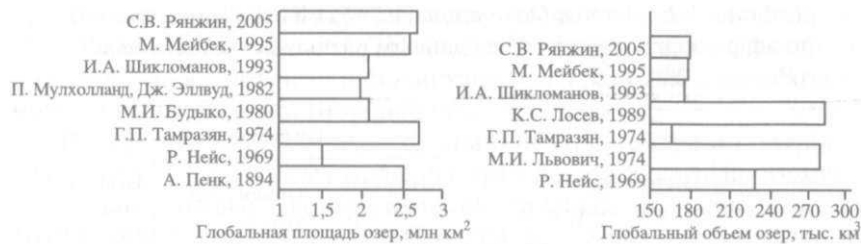


Рис. 1.3.2. Распределение естественных озер мира с площадями не меньше 0,01 км² (1 га) по категориям изученности. Данные представлены нарастающим итогом без учета масштаба [Рянжин, 2005]

50 тыс. - число лимнологически исследованных озер; 300-400 тыс. - (дополнительное) число батиметрически измеренных озер; 6,65 млн - (дополнительное) число географически установленных озер (включенных в национальные и региональные кадастры); 1,8 млн - (дополнительное) число экстраполированных озер (для регионов, не покрытых кадастрами)

ющих новых, появление которых обусловлено прежде всего антропогенным воздействием на гидросферу. (О том, насколько неполны и неточны наши знания в этой области, можно судить по выполненному С.В. Рянжиным сопоставлению различных источников данных об озерах - рис. 1.3.1 и табл. 1.3.7; рис. 1.3.2 показывает распределение естественных озер мира по степени изученности). Поэтому мировое научное сообщество на пороге третьего тысячелетия поставило вопрос о проведении нового Международного гидрологического десятилетия и предложило его научную программу [Entekhabi et al., 1999].

Водные объекты, гидрологические процессы, водные экосистемы настолько сложны для научного изучения, а водные ресурсы и водохозяйственные системы - для управления, что развитие

системы гидрологических наблюдений и расширение масштаба гидрологических, гидротехнических, гидроэкологических исследований представляются необходимым условием решения водных проблем цивилизации.

1.4. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ

Использование воды для транзита, очищения и захоронения отходов имеет исключительно важное экологическое значение, которое еще недостаточно оценено даже специалистами - экологами и экогидрологами, и создает проблему загрязнения естественных водных объектов, от практического решения которой человечество сейчас очень далеко - если такое решение возможно, для него потребуются многие десятилетия.

Как уже было сказано выше, жизнь построена на "мокрых" технологиях. Материализованная в биоте (совокупности естественных живых организмов), она представлена гидрофильными организмами с очень высокой скоростью водообмена по сравнению с биокосными (абиотическими) системами.

Высокая интенсивность водообмена в живых организмах означает, что масса загрязняющих веществ, попадающая в водные объекты, непрерывно поступает в тела живых организмов, включая человека, в процессе водообмена и затем, в зависимости от свойств поллютанта, участвует в процессе метаболизма и полного или частичного (когда поллютанты и их метаболиты накапливаются в тканях) вывода из организма его продуктов. Таким образом, биота и человек как часть биоты оказываются одновременно и очистными устройствами, и местами депонирования отходов.

Водообмен в живой и неживой природе

Масса биоты на 6 порядков меньше массы биокосного вещества в биосфере, по индивидуальному размеру тел организмы меньше биокосных систем на 17 порядков, но интенсивность водообмена в них гораздо выше. Например, в кровеносной системе человека интенсивность водообмена на 16 порядков больше, чем в океане [Хайлов, 1998]. Высокие темпы водообмена позволяют биоте Мирового океана дважды в год пропускать через тела своих организмов всю его водную массу, а биота суши в процессе транспирации многократно пропускает через себя выпадающие на суше осадки. Поэтому, как отмечал Н.В.Тимофеев-Ресовский еще в 1968 г., биота формирует

концентрации веществ в водных объектах, а в Мировом океане она поддерживает соотношение концентраций основных биогенов (число Редфилда), совпадающее с соотношением их концентраций при синтезе органики.

Сколько надо воды человеку и другим организмам

В сутки человеку на физиологические нужды необходимо потреблять примерно 2,5 л воды. Для удовлетворения бытовых потребностей, в первую очередь санитарно-гигиенических, современному городскому жителю требуется от 180 до 250 л. Основное потребление воды биотой земной суши осуществляется при производстве органики в процессе фотосинтеза. Для синтеза 1 г органики требуется от 100 г воды и более в зависимости от вида растения. Остальное потребление воды составляет небольшую долю от потребностей синтеза. Синтез органики является важнейшим гидрологическим процессом, так как именно он обеспечивает на суше через транспирацию континентальный влагооборот. Таким образом, биота контролирует этот влагооборот [Лосев и др., 1993; Горшков, 1995].

Сколько надо воды промышленным предприятиям

Теплоэлектростанция мощностью 1 млн кВт потребляет более 1 км³ воды в год; АЭС той же мощности - не менее 1,5 км³. Средний расход воды на производство 1 т стали составляет около 20 м³, 1 т бумаги - 200 м³, 1 т химического волокна - более 4000 м³ [Экологический энциклопедический словарь, 2002].

Экологические последствия потребления водных ресурсов связаны не только с величиной водозабора (значения этой величины для стран мира показаны на рис. 1.4.1), но и со структурой использования извлекаемой из водоисточников воды (рис. 1.4.2). В мире основная масса потребляемой воды - 70% - используется в сельском хозяйстве, в основном для орошения (рис. 1.4.3). Значительную часть воды - 20% - расходует индустрия, а остальная вода - 10% - направляется в коммунальное хозяйство [Состояние мира, 1999, 2000]. Индустриальное потребление воды преобладает в относительно небольшом числе развитых стран Европы, в России, Канаде и Австралии, т.е. в развитых индустриальных странах. В США затраты воды в промышленности и сельском хозяйстве примерно равны. В остальных странах в водопотреблении доминирует сельское хозяйство.

Индустриальное загрязнение обеспечивает исключительное разнообразие поллютантов в природных водах - от самых опасных, как, например, диоксины или радионуклиды, до практически нейтральных. Чем больше возобновляемых водных ресурсов



Рис. 1.4.1. Водозабор на душу населения, м³/чел., 2000 г.

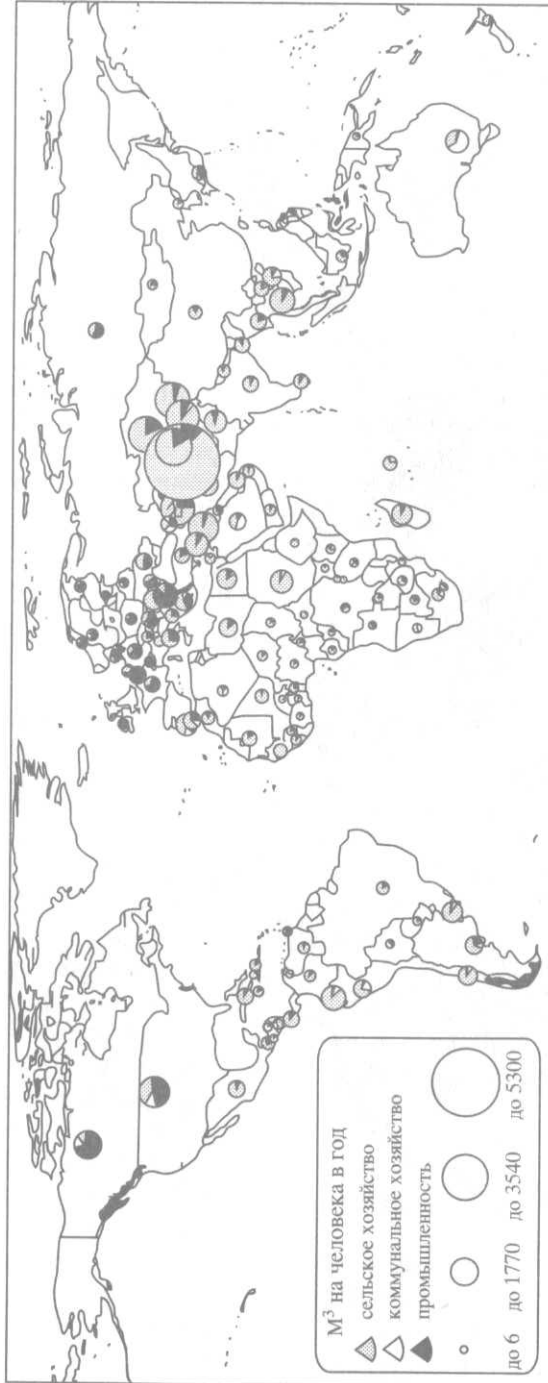


Рис. 1.4.2. Структура водозабора, m^3 на душу населения, 2000 г.

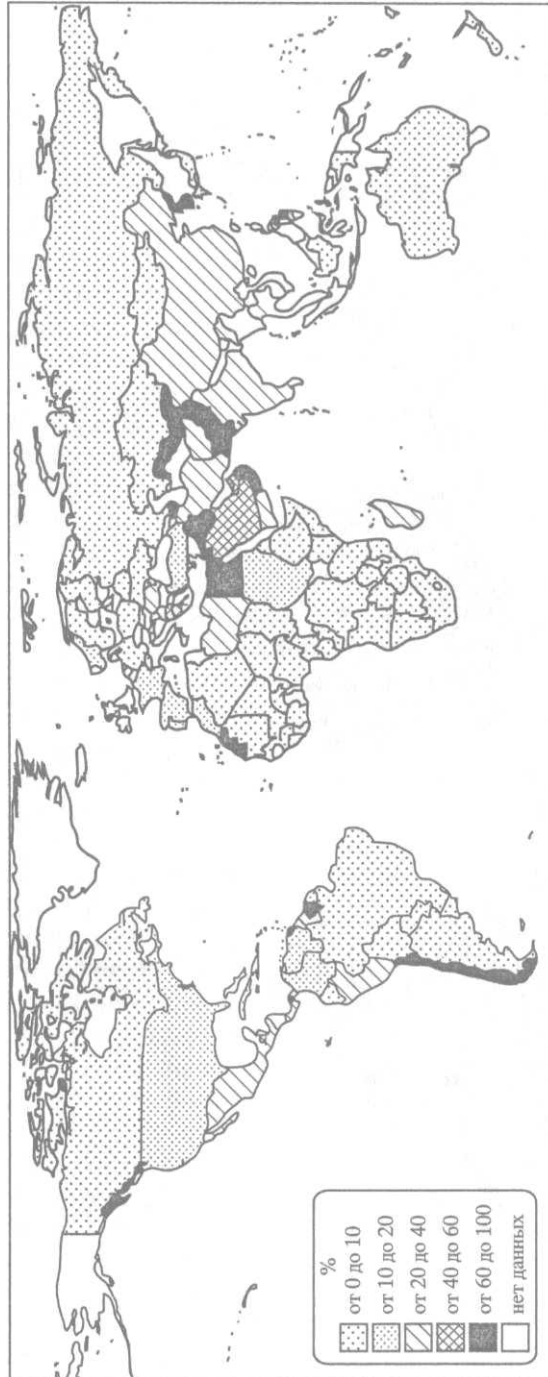


Рис. 1.4.3. Иригационные земли, % от общей площади пашни, 2000 г.



Рис. 1.4.4. Потребление воды в промышленности, % от общих возобновляемых водных ресурсов

используется в индустрии страны, тем больше образуется сточных вод. На рис. 1.4.4 представлены для стран мира доли возобновляемых водных ресурсов, приходящиеся на промышленное потребление. Наиболее крупными источниками индустриального загрязнения природных вод в развитых странах служат точечные источники - трубы сброса сточных вод. Эти источники с нарастающим темпом создавались по мере индустриализации, но только в XX в., в основном во второй его половине, начали устанавливать сооружения для очистки сточных вод. Однако известно, что нет таких очистных сооружений, которые бы обеспечивали 100% очистки, в результате определенный уровень загрязнения водных объектов сохраняется, и для достижения нормативных или фоновых значений качества воды обычно требуется определенный уровень разбавления сбрасываемых очищенных сточных вод.

В развивающихся странах на объектах индустрии далеко не всегда осуществляется очистка сточных вод. Некоторые страны вообще не имеют таких сооружений, а в других, например в Китае, только в конце XX в. приступили к их созданию. В целом в развивающихся странах в водные объекты без очистки сбрасывается до 70% объема промышленных сточных вод.

Наряду с загрязнением природных вод из точечных источников есть и диффузное (рассеянное) индустриальное загрязнение за счет сухих и мокрых выпадений поллютантов из атмосферы и поступления их с дождевыми и тальными водами (ливневый сток) с территорий промышленных объектов в водные объекты. Например, в 1970-х годах диффузное индустриальное загрязнение (в основном за счет атмосферных выпадений) Великих озер превышало точечное [Лосев, 1989].

Существенный приток загрязненных растворов в водные объекты идет также за счет свалок твердых отходов. Наконец, десятилетиями накапливавшиеся загрязняющие вещества в донных отложениях водных объектов в индустриальных странах после принятых мер по снижению сброса сточных вод и улучшения качества воды стали источником вторичного загрязнения водных объектов.

Развитые страны ведут интенсивное сельское хозяйство, что создает значительное диффузное загрязнение водных объектов за счет смыва с угодий удобрений и химических средств защиты растений (данные о площади пахотных угодий представлены на рис. 1.4.5, об использовании удобрений в странах мира - на рис. 1.4.6). Диффузный сток загрязненных вод с сельскохозяйственных территорий создает серьезные проблемы, поскольку эти



Рис. 1.4.5. Площадь пахотных угодий, % от общей площади, 1999 г.

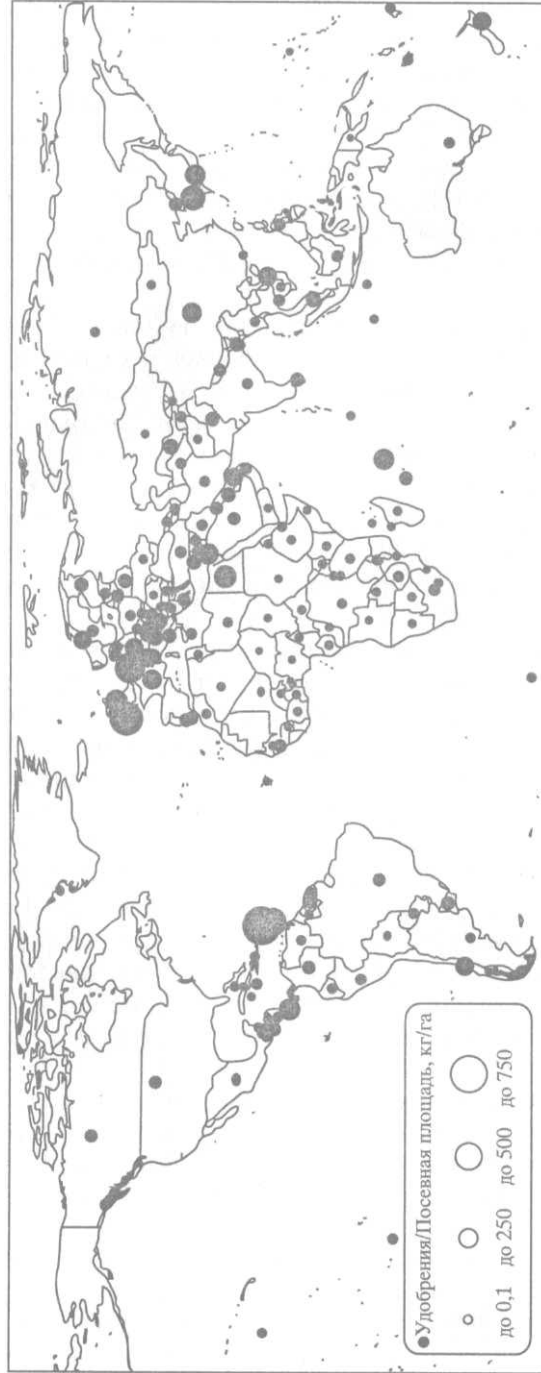


Рис. 1.4.6. Использование удобрений на пахотных землях, кг/га, 1999 г.

воды содержат опасные вещества, такие, как пестициды и их метаболиты, нитраты, соединения фосфора, многие из них (в том числе ДДТ) относятся к весьма опасным стойким органическим загрязнителям (СОЗ). Способы очистки таких вод не определены. В настоящее время уменьшение диффузного загрязнения обеспечивается мерами по снижению норм внесения минеральных удобрений и использования химических средств защиты растений на единицу площади, а также за счет отказа от применения наиболее опасных пестицидов и создания вдоль берегов рек поглощающих полос.

Существенный вклад в загрязнение водных объектов привносит сток с сельхозугодий и скотоводческих ферм, загрязненных органикой, биогенами и микробами. Органика и биогены, в основном фосфор и азот, вызывают эвтрофирование водных объектов. По оценке шведских исследователей, с 1 га сельхозугодий выносится около 3 кг фосфора в год [Folke et al., 1997]. В развитых странах эвтрофированию подвержены в той или иной степени почти все водные объекты, многие прибрежные участки морей и даже моря (почти замкнутые), как, например, Балтийское или Азовское.

В развивающихся странах преобладает диффузный сток с сельскохозяйственных полей, особенно там, где осуществлен переход на использование интенсивных технологий (например, Китай и Индия), предполагающих большие дозы удобрений и средств защиты растений (см. рис. 1.4.6). В этих странах продолжается использование ряда запрещенных в развитых странах пестицидов, например ДДТ.

Однако площадь пахотных угодий и объем химизации не полностью характеризуют воздействие сельского хозяйства на экологическое состояние водосборной территории. Дополнением к рис. 1.4.5 служат рис. 1.4.7, содержащий сведения о доле территории, приходящейся на пастбища, и рис. 1.4.8, показывающий соотношение площадей пахотных угодий и лесопокрытых земель.

Серьезным источником загрязнения водных объектов служат бытовые или муниципальные сточные воды, на образование которых приходится 10% от глобального водозабора. Эти сточные воды называют "серыми водами". В них содержатся фекальная органика, микробы и биогены. Только за счет экскретов одного городского жителя в Европе в водные объекты с бытовыми сточными водами после очистки ежегодно поступает 0,5-1 кг фосфора и 4 кг азота в год. Наиболее эффективные из практически используемых очистных сооружений уда-

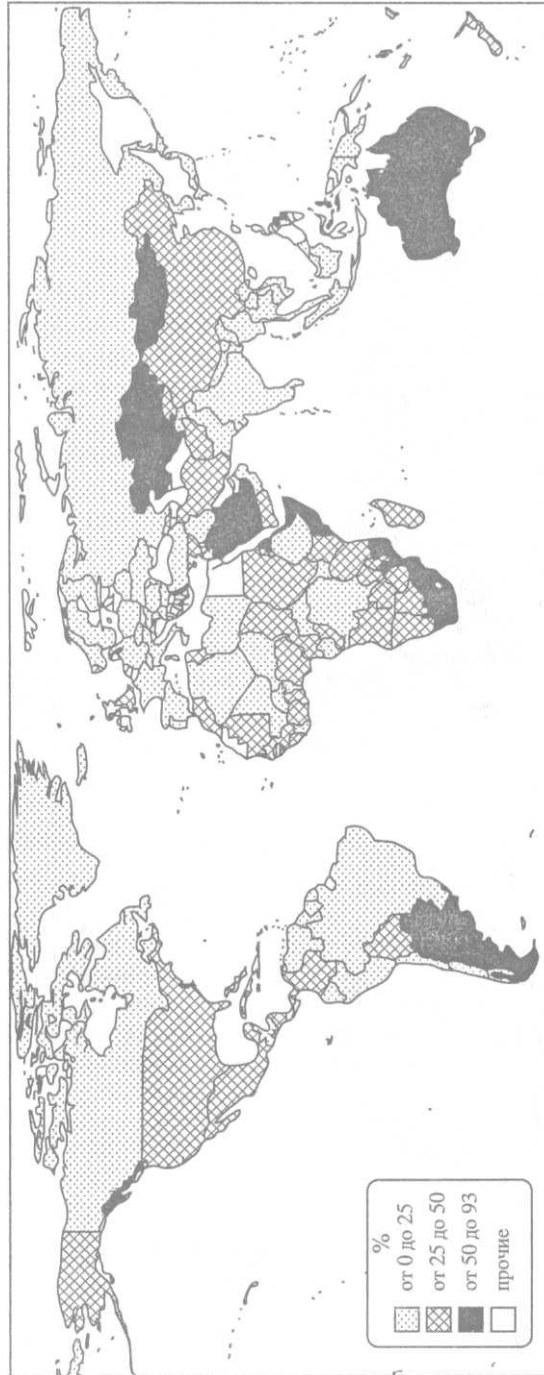


Рис. 1.4.7. Пастбища, % от общей площади, 1999 г.

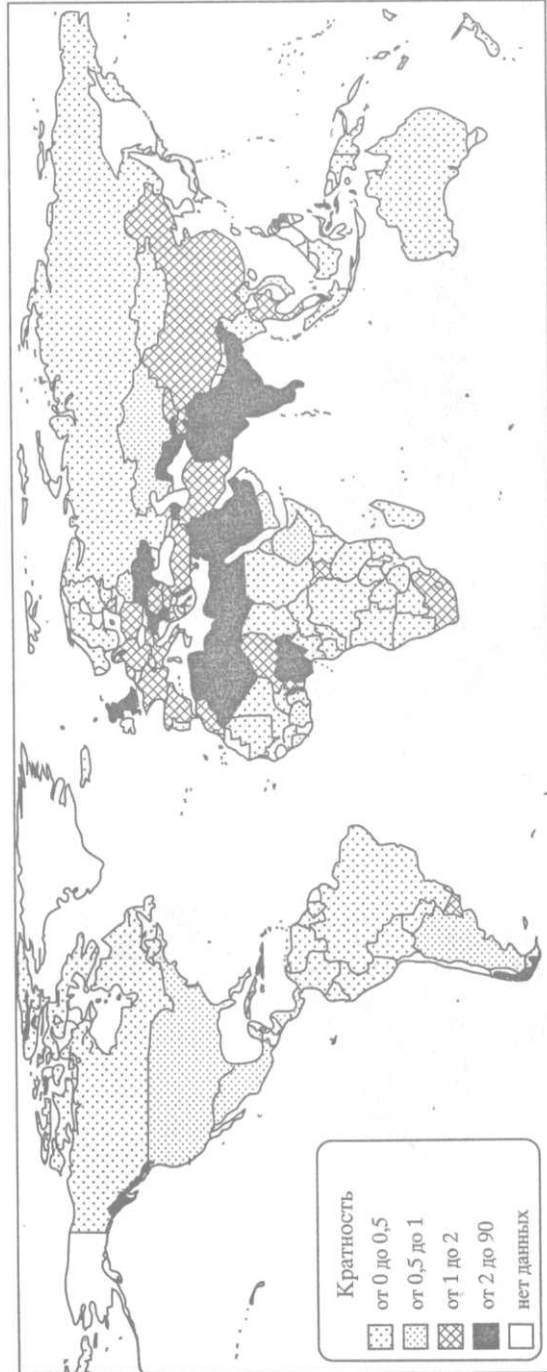


Рис. 1.4.8. Отношение пахотных и лесных угодий, 1994 г.

ляют из сточных вод 86-94% фосфора и только 20-40% азота [Folke et al., 1997]. Если в развитых странах бытовые (муниципальные) сточные воды в основном подвергаются очистке, то в развивающихся странах 90% городских бытовых сточных вод сбрасывается в природные водные объекты без всякой очистки. Обеспеченность развивающихся стран системами канализации весьма низкая. Карта структуры использования воды (см. рис. 1.4.2) показывает относительно малую долю потребления воды в развивающихся странах для коммунальных нужд, т.е. для обеспечения питьевой водой и канализацией, поэтому поселения и особенно города служат там серьезными источниками загрязнения водных объектов бытовыми стоками, которые, практически не подвергаясь очищению, нередко смешиваются с диффузным стоком, когда ливни, а также талые воды смывают разнообразные поллютанты в водные объекты с городских территорий.

Существующие в развитых странах системы ливневой канализации направляют все отходы с городских территорий (улиц и площадей, крыш и стен зданий, транспортных средств) в водные объекты; эти стоки неизбежно оказываются источниками загрязнения, поскольку даже самые совершенные из существующих систем (весьма дорогостоящие) обеспечивают далеко не полную их очистку. По массе объемы стока ливневой канализации могут превышать бытовые и промышленные сточные воды.

Загрязнение водных объектов: его виды и периодизация

Фекальные загрязнения водных объектов появились вместе с возникновением и развитием городов, т.е. не позднее 6 тыс. лет назад. Активное загрязнение органическими веществами связано с развитием и распространением сельского хозяйства и относится ко времени 1-0,5 тыс. лет назад. Особенно много новых видов загрязняющих веществ появилось в XX в.: в 1900-е годы началось антропогенное засоление (минерализация) водных объектов, в период между 1910 и 1920 г. появляются металлы, после 1930 г. растет сброс органических веществ, после 1940 г. начинается эвтрофирование водных объектов, в 1950-е годы отмечено поступление радионуклидов, а после 1960 г. - закисление вод [Europe's Environment..., 1995].

Загрязнение воды в результате деятельности людей началось очень давно и вместе с ростом хозяйства и численности населения, развитием урбанизации быстро увеличивалось в объеме и разнообразии.

Вместе с превращением сельского хозяйства в планетарное явление, распространением урбанизации на все континенты, с индустриализацией и научно-техническим прогрессом в XX в. все виды загрязнения водных объектов также стали планетарным явлением. В результате большая часть поверхностных вод суши и значительная часть подземных вод в той или иной степени загрязнены.

Данные об объеме сбрасываемых в водные объекты сточных вод разного типа весьма неточны. Даже в дайджесте "Доклада ООН о состоянии водных ресурсов мира", изданном на русском языке под названием "Вода для людей, вода для жизни" (2003 г.), написано, что ежедневно в мире в водные объекты сбрасывается 2 млн т сточных вод, что соответствует 730 млн м³ в год, а несколькими строчками ниже сообщается, что по неполным и приблизительным оценкам суммарный сброс сточных вод составляет 1500 км³ в год. Здесь, по-видимому, имеет место опечатка: вместо миллионов следовало указать миллиарды, но и тогда расхождение было бы вдвое; вряд ли под 2 млн т в сутки имеется в виду только масса загрязняющих веществ в сточных водах - такое значение представляется завышенным.

Исходя из последнего упомянутого значения (1500 км³ в год) объем загрязненных поверхностных вод в мире оценивается величиной 12 тыс. км³ при необходимости разбавления сточных вод в соотношении 1:8 (коэффициент разбавления равен 8). Между тем, как уже отмечалось, Дж. Родда [Rodda, 1997] указывает, что загрязняется порядка 17 тыс. км³ поверхностных вод ежегодно, что составляет около 50% доступной человечеству пресной воды. Более высокое значение этой оценки может иметь причиной или больший объем ежегодно сбрасываемых сточных вод, или больший коэффициент разбавления для достижения нормативных или фоновых показателей (напомним также о расхождениях табл. 1.2.2 и 1.2.3).

Потребление воды для сельскохозяйственных нужд ведет не только к загрязнению и эвтрофированию водных объектов, но и к другим серьезным экологическим последствиям из-за изъятия из них больших объемов воды. Плотины и водохранилища, водоотводящие системы на реках влекут изменения режима водных объектов. Водоохранилища срезают пики паводков, в результате уменьшаются площади затопления поймы ниже по течению, снижается количество наносов, что ведет к размыву русла, из-за подтопления в зоне водохранилища происходит заболачивание земель. Ниже водохранилища исчезают заливные луга и высыхают нерестилища, происходит изменение состава рыбных и других ре-

сурсов, нарушение водных экосистем, разрушение пойменных и устьевых ветландов вплоть до их полного уничтожения. Изменяется качество воды, ее физические свойства, солевой состав, содержание биогенов. Площадь, на которой происходят те или иные изменения при создании водохранилищ, не уступает площади самих водохранилищ. На начало XXI столетия в мире насчитывается 3026 водохранилищ с полным объемом от 0,1 км³ и выше. Объем воды в них составляет 6329,5 км³ [Авакян, Лебедева, 2002]. Большинство крупных рек мира в настоящее время управляются человеком, и их водный режим не соответствует естественному.

Использование воды для орошения часто приводит к деградации сельскохозяйственных земель в результате избыточных поливов. В таких условиях поднимается уровень грунтовых вод, происходит вторичное засоление почвы, возникает подтопление хозяйственных объектов. Засоленные земли выпадают из хозяйственного оборота. Ежегодно площадь таких земель прирастает на 1,5 млн га [Состояние мира, 1999, 2000].

Хотя доля водозабора из подземных источников в общем объеме водозабора невелика и составляет порядка 10%, во многих регионах мира подземные воды широко используются для питьевого водоснабжения и орошения. Орошаемое земледелие сконцентрировано в Китае и на субконтиненте Индостан, в Центральной Азии, Северной Африке и на тихоокеанском побережье Южной Америки (см. рис. 1.4.3). Значительные территории орошения находятся также в США. Так, в Китае 70% урожая зерновых обеспечивается за счет орошения, в Индии - 50%, в США - 15%. Во всех этих странах доля подземных вод в орошении весьма велика. В Центральной и Западной Европе питьевое водоснабжение идет в основном за счет подземных вод. Интенсивное использование подземных вод приводит к понижению их уровня и нередко ухудшению качества воды, т.е. к истощению и деградации подземных водных объектов.

Падение уровня подземных вод наблюдается в южной части Великих равнин в США, в Северной Африке и на Ближнем Востоке, на большей части территории Индии и почти повсеместно в Китае. При этом скорость понижения уровня подземных вод измеряется метрами в год. Это ведет к исчерпанию их запасов вследствие нарушения баланса между пополнением и водозабором подземных вод. Понижение уровня грунтовых вод сопровождается также просадками и понижениями поверхности [Лосев, 1989; Состояние мира, 1999, 2000].

Таким образом, использование воды ведет в первую очередь к ее загрязнению: производство практически любого вида про-

дукции включает транзит воды через технические системы и включение в нее весьма разнообразных веществ. Именно загрязнение водных объектов в настоящее время служит основной причиной нехватки воды.

Сверхпотребление воды из многих рек и подземных резервуаров ведет к изменению режима водных объектов в результате преобразования естественных экосистем на водосборах, в зонах питания подземных вод и строительства разнообразных гидротехнических сооружений в пределах самих водных объектов. Всемирная комиссия по воде (World Commission on Water) отметила в 1999 г., что более половины крупных рек мира "серьезно истощены и загрязнены, деградируют и отравляют окружающие их экосистемы, угрожая здоровью и жизнеобеспечению зависящего от них населения" [Глобальная экологическая..., 2002].

Изменение величины и режима речного стока, загрязнение водных объектов ведут к нарушению цикла жизни гидробионтов, сокращению их популяций и исчезновению видов. За последние 20 лет около 10 тыс. видов пресноводных рыб оказались угнетенными, численность их стала снижаться или они уже исчезли. Перспективы существования 100 тыс. пресноводных видов позвоночных и не меньшего количества видов беспозвоночных животных, водорослей, бактерий и протозоа, обитающих в донных отложениях, неопределенны, но биологи не сомневаются в том, что эти виды весьма чувствительны к изменениям уровня воды, ее химическому составу, величине стока и другим гидрологическим характеристикам [Postel, 2003]. Изменение водного режима человеком инициирует деградиционный процесс с положительной обратной связью, поскольку сокращение численности и уменьшение биоразнообразия этих организмов нарушают их биосферную функцию, влекут снижение их потенциала в регулировании химического состава вод для поддержания устойчивости водной среды и водных экосистем.

В последние десятилетия XX в. начало формироваться новое научное направление, получившее название "экологическая гидрология" [см., в частности: *Фащевский*, 1996], "экогидрология", или "гидроэкология". В № 5 "Журнала гидрологических наук" (Hydrological Sciences Journal) за 2002 г. опубликована подборка статей, в которых обсуждался термин "экогидрология", история его появления, содержание и перспективы этого направления [Kundzewicz, 2002; Porporato, Rodriguez-Iturbe, 2002; Zalevski, 2002]. Экогидрология в этих работах рассматривается как наука о взаимодействии гидрологического цикла и экосистем, а в практичес-

ком плане предлагается через регулирование экосистем влиять на гидрологические процессы в целях обеспечения устойчивости водных объектов. При этом рассматриваются не только собственно водные экосистемы, а экосистемы всего водосбора, так как сток и качество воды формируются в основном на водосборе. Растительность и почвы в этом контексте оказываются двумя главными компонентами экосистем, требующими пристального внимания. Отмечается, что это направление быстро развивается и будет играть важную роль в будущем.

В России давно используется бассейновый подход в гидрологических и ландшафтных исследованиях. Более того, в ряде работ [Тимофеев-Ресовский, 1968; Горшков, 1995; Лосев и др., 1993] показано, что естественная растительность управляет континентальным водным циклом, обеспечивая непрерывное возобновление осадков за счет транспирации через листовую испарительную поверхность, площадь которой в естественных экосистемах всегда намного превышает площадь водосбора. Почвы, которые сформированы растительными сообществами совместно с почвенными организмами, представляют собой водонакопители, предназначенные прежде всего для обеспечения водой и биогенами производства органики, так как для синтеза 1 г органического вещества растениями требуется 100 г и более воды. Уничтожение естественной растительности на водосборе и замена ее агросистемами или техносистемами нарушают гидрологический цикл и качество природных вод. Особенно это заметно при уничтожении лесных экосистем, так как ежегодное производство биомассы агросистемами намного меньше, чем естественными лесами (изменение площади лесов представлено на рис. 1.4.9, заготовки древесины - на рис. 1.4.10). 90% доступной деревьям солнечной радиации в естественных лесах затрачивается на транспирацию, тогда как, по данным Дювиньо и Одума, в организованных человеком агросистемах - только 40% (с учетом возрастания "непродуктивного испарения" с поверхности почвы при уменьшении транспирации). За время существования цивилизации человечество уничтожило около половины лесов, это привело к серьезным изменениям режима циркуляции воздушных масс и снижению осадков на суше. Подобные изменения режима увлажнения на суше привели к опустыниванию больших территорий. Продолжающаяся сейчас в большинстве регионов мира вырубка лесов ведет к дальнейшему опустыниванию, что убедительно подтверждается наблюдениями. Таким образом, активное освоение водосборов с уничтожением естественных экосистем служит важнейшей причиной нарушений гидрологического цикла и качества воды в водных объектах.

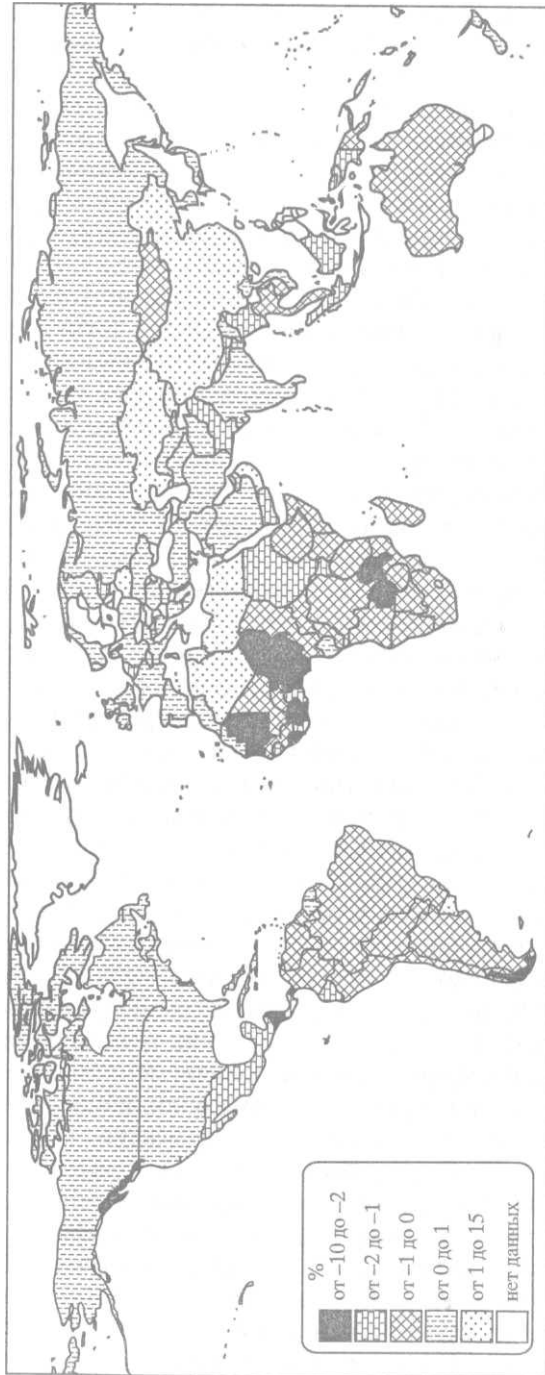


Рис. 1.4.9. Ежегодное изменение площади лесов, %, 1990-2000 гг.

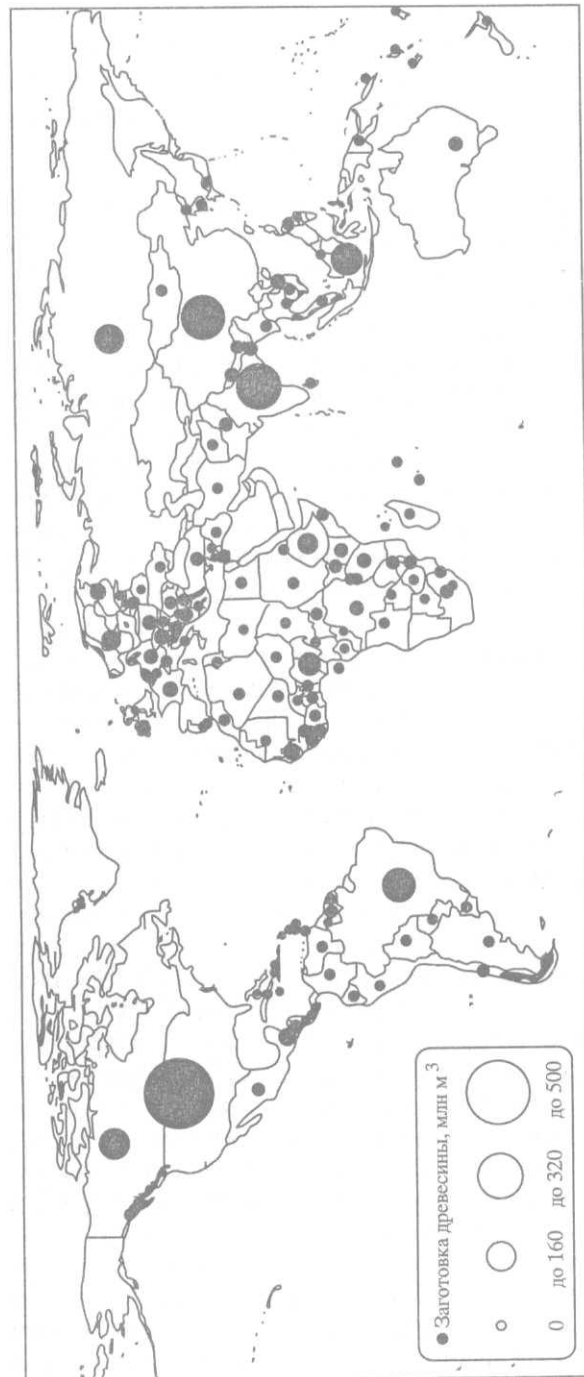


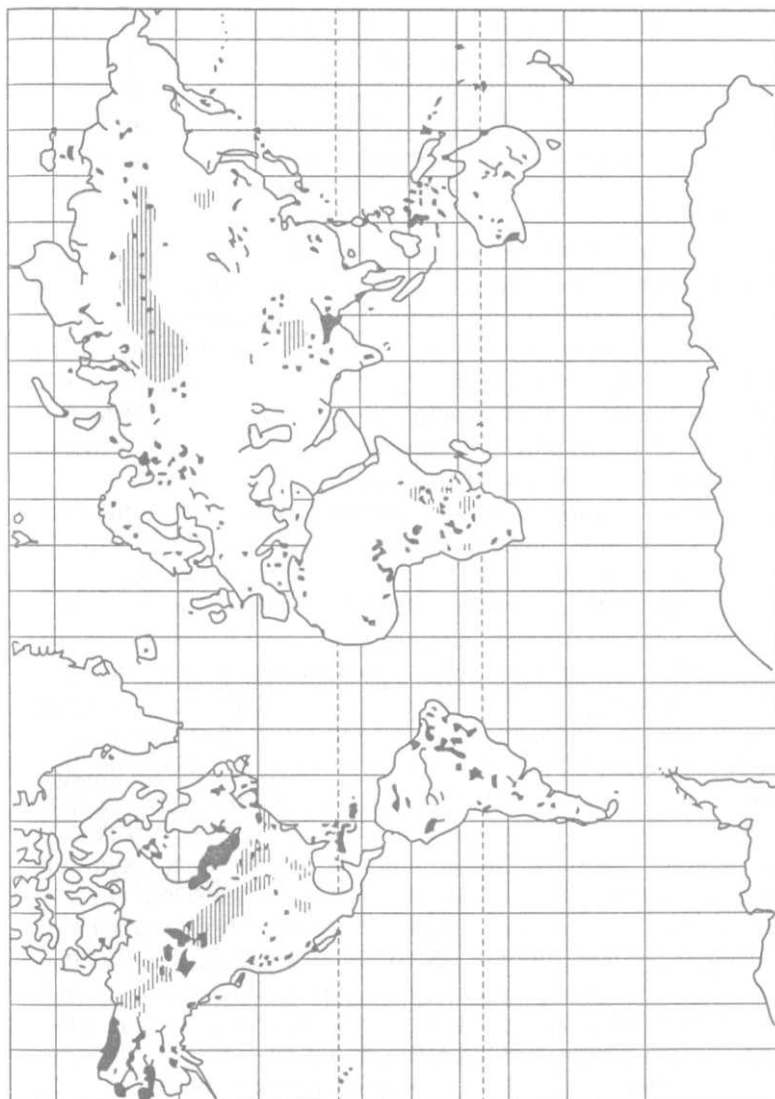
Рис. 1.4.10. Заготовка древесины в 2000 г., млн м³

Не менее серьезная экологическая проблема - уничтожение водно-болотных угодий (ветландов); их распространение показано на рис. 1.4.11. Повсеместно идет сокращение площади ветландов, между тем они не только являются природным регулятором речного стока, но и обладают экосистемами с высоким уровнем биоразнообразия.

Традиционное деление природных ресурсов на невозпроизводимые и воспроизводимые все более утрачивает абсолютный характер, и, к сожалению, не потому, что у человека появилась возможность обеспечить возобновление первых. Наоборот, чрезмерное воздействие экономики на окружающую среду стало причиной, из-за которой некоторые воспроизводимые ресурсы, наиболее уязвимые для антропогенных факторов, стали утрачивать свойство возобновимости [Данилов-Данильян, Лосев, 2000]. Конечно, это не относится, например, к солнечной радиации, годовую величину которой в любых экономических расчетах принимают неизменной, энергии приливов и отливов, гидротермальным источникам и т.п. Однако этот феномен, безусловно, имеет место для всех биологических ресурсов, процессы воспроизводства которых ослабляются в результате чрезмерной эксплуатации, загрязнения окружающей среды и нарушений (тем более - уничтожения) компонентов природных систем, необходимых для жизнедеятельности сообществ организмов, составляющих такие ресурсы.

К таким природным ресурсам, весьма чувствительным к всевозможным вмешательствам в процессы их возобновления, как показано выше, относятся и водные ресурсы - вопреки распространенному мнению об их неограниченной воспроизводимости. Известно множество примеров, когда в результате антропогенных воздействий водные источники иссякали, качество пресной воды ухудшалось настолько, что она становилась непригодной для питья даже после обработки стандартными технологиями водоподготовки (конечно, опреснение, применяемое для морской воды, при этом не имеется в виду). Ресурсы воды воспроизводимы, но их воспроизводимость относительна. Это обстоятельство обуславливает необходимость охраны вод - особенность, присущая использованию биологических ресурсов (в том числе земли, поскольку охрана земель в первую очередь предполагает сохранение плодородия почвы). Однако это свойство радикально отличает воду от всех минеральных ресурсов. Водопользование, как и любая деятельность по эксплуатации природных ресурсов и/или предполагающая воздействия на окружающую среду, порождает разнообразные экстерналии (эффекты, внешние по отношению к рынку и не учитываемые в системе рыночных цен), но наибо-

Рис. 1.4.11. Глобальное распространение водно-болотных угодий (ветландов). Черным обозначены основные ветланды, штриховкой - территории их широкого распространения



лее значимые среди них связаны именно с необходимостью охраны вод. Результаты, обуславливаемые затратами на охрану вод, в основном проявляются за пределами горизонта видения, доступного рыночным средствам оценивания.

Среди антропогенных воздействий, особенно опасных в аспекте воспроизводимости водных ресурсов, - чрезмерный забор воды (как из поверхностных, так и подземных источников), горные выработки, мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, дорожное строительство, загрязнение водных объектов сбросом загрязненных стоков, смыв поллютантов с сельскохозяйственных угодий и территории городов паводками либо дождями, молевой лесосплав, воздушный перенос загрязнений. Важнейшим фактором, обуславливающим деградацию водных объектов, служит уничтожение или угнетение экосистем, обеспечивающих воспроизводство водных ресурсов в качественном и количественном аспектах, - лесов, верховых болот, лугов, речных и озерных экосистем. Нельзя признать достаточно изученными механизмы таких воздействий и взаимодействий прежде всего на количественном уровне, хотя качественно картина, как правило, понятна.

Тенденция к утрате водными ресурсами свойства воспроизводимости, очевидно, тесно связана с общим экологическим неблагополучием на планете и его непрерывным усилением. Крайне тревожно то обстоятельство, что ухудшение состояния окружающей среды происходит прежде всего в развивающихся странах и именно там, где наблюдается острый дефицит пресной воды. В таких регионах формируется контур положительной (усилительной) обратной связи: дефицит обуславливает такое водопотребление, когда превышает допустимая нагрузка на водные источники, а это превышение инициирует деградационные процессы в гидро- и экосистемах, в результате которых происходит истощение водных источников и ухудшение качества воды в них, так что в результате дефицит растет, и т.д. Стереотип мышления подталкивает к экстенсивному способу: надо обеспечить увеличение количества того, чего не хватает, в нашем случае - забор свежей воды из водных объектов. Но этот способ не только инициирует образование описанного контура положительной обратной связи, но и закрепляет его - вырваться из порочного круга становится все труднее. Приведенная на рис. 1.4.12 схема отображает процесс образования и усиления водного дефицита.

Дефицит пресной воды, вне всяких сомнений, будет нарастать, если процесс экологической деградации не будет остановлен. Отсюда следует вывод: необходимым условием решения

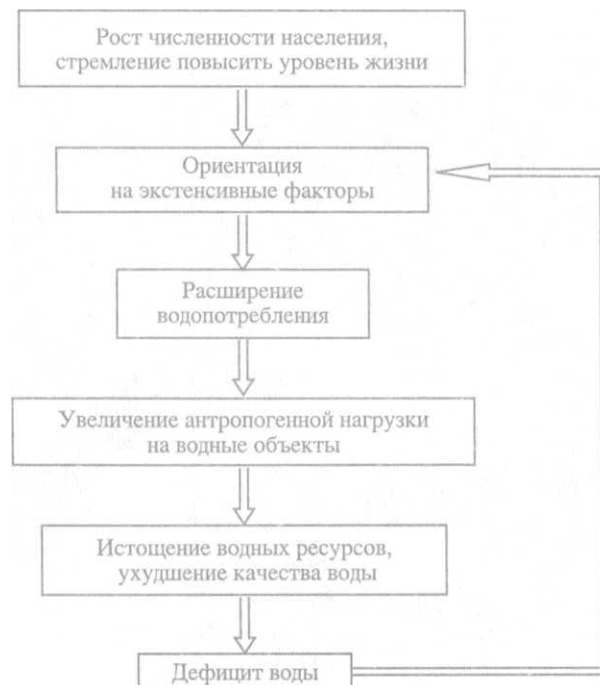


Рис. 1.4.12. Процесс формирования и усиления водного дефицита

проблемы дефицита пресной воды является снижение антропогенного воздействия на окружающую среду до безопасного уровня, экологизация производства и потребления, сохранение и восстановление необходимого для экологического баланса количества неугнетенных экосистем.

1.5. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ: АРАЛЬСКАЯ И ПОДОБНЫЕ ЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ

В мире хорошо известно о так называемой Аральской катастрофе. В результате использования стока двух центральноазиатских рек - Амударьи и Сырдарьи для орошения, а также других видов водопотребления из этих источников и воздействия на них, в конце концов, эти водотоки перестали достигать дельты в месте впадения в Аральское море. В результате площадь акватории Аральского моря стала быстро сокращаться (рис. 1.5.1 и 1.5.2).

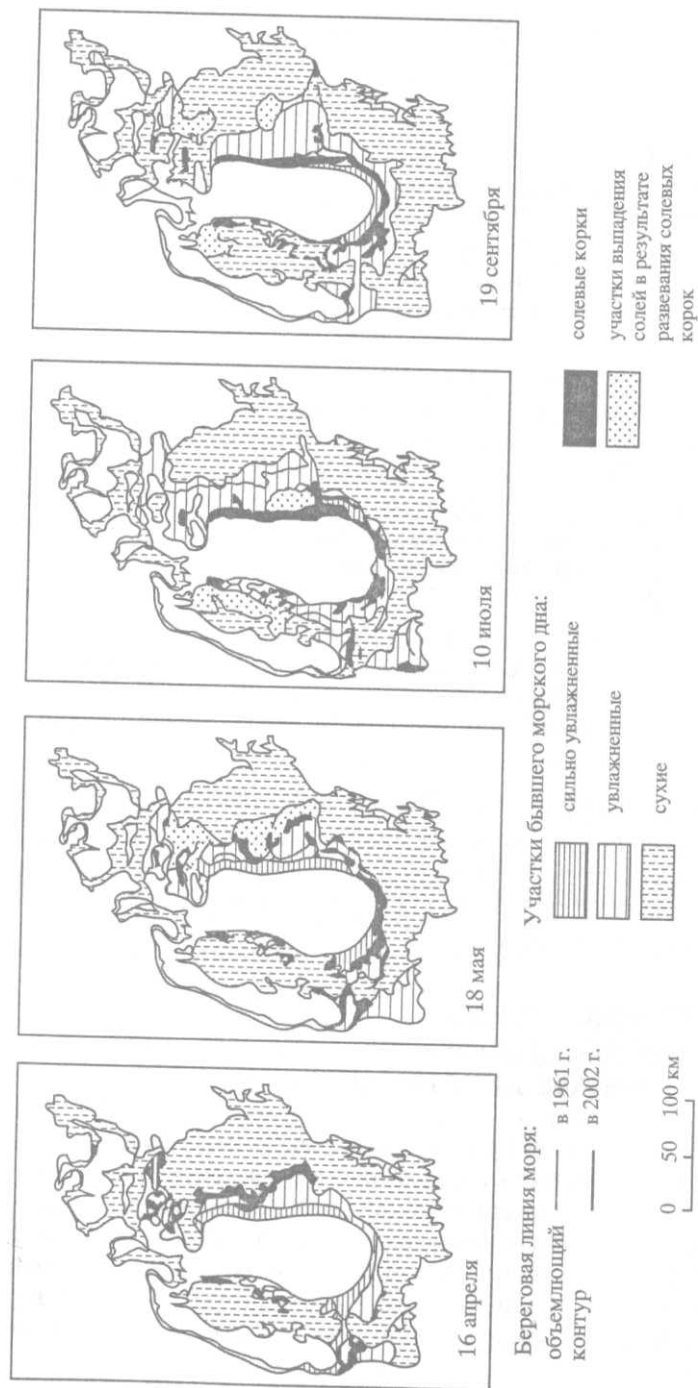


Рис. 1.5.1. Изменение увлажнения и засоления территории Приаралья в 2002 г. [Кравцова, Мудрая, 2004]

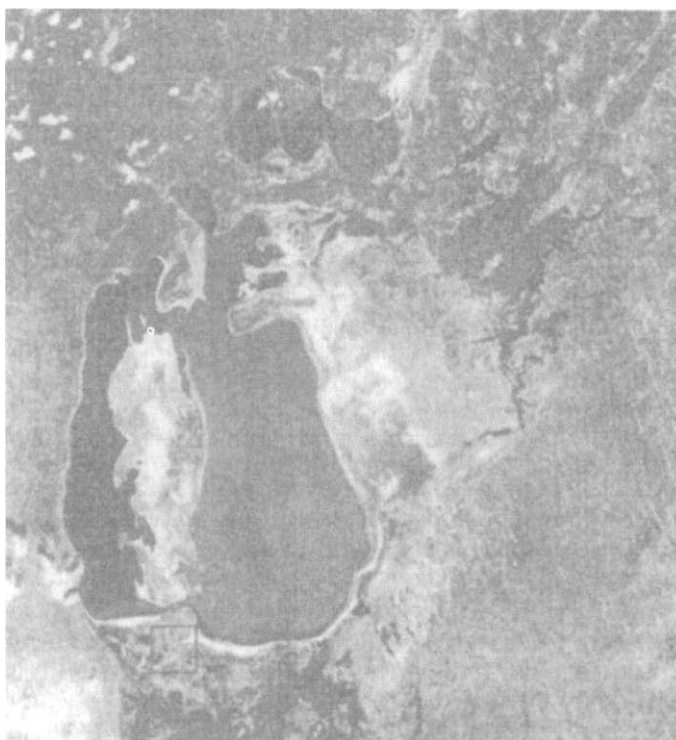


Рис. 1.5.2. Спутниковый снимок Аральского моря (2002 г.)
[Косарев, Костяной, 2003]

Современное состояние Аральского моря

Строительство плотин и водозаборных сооружений на Амударье и Сырдарье в широком масштабе началось с 1960 г., и уже в 1981-1990 гг. сток рек в Аральское море упал с 60 до 7 млрд м³ в год, а затем практически прекратился. К ноябрю 2002 г. абсолютный уровень Аральского моря упал по сравнению с 1960 г. на 23 м и находился на отметке 30,47 м над уровнем океана. Площадь водоема уменьшилась с 66 до 15 тыс. км², объем воды в нем сократился с 1060 км³ приблизительно до 100 км³. По существу, море распалось на три независимых водоема. Из квазипресноводного водоема Арал превратился в соленое озеро с соленостью 90‰ в западной части и до 160‰ - в восточной части Большого моря. Это привело к гибели эндемичной фауны, море стало практически безжизненным, значительно сократилось число видов планктона, выжило только два вида рыб - камбала и атерина в западной части Большого моря. В западной части Большого моря на глубине 22 м обнаружен слой сероводородного заражения, что представляет новую проблему для Арала [Косарев, Костяной, 2003].

Однако Аральская экологическая катастрофа - не единственная и не первая, обусловленная хозяйственным использованием значительной части стока крупных рек, хотя по масштабам и трагичности последствий и превосходит все аналоги. Весьма сходная по ряду признаков катастрофа произошла в США на р. Колорадо еще в начале 1950-х годов, но тогда она не привлекла серьезного внимания, так как человечество жило в эйфории покорения природы и, кроме того, эта река впадает не в замкнутый водный объект, а в океан. Сейчас экологические катастрофы типа Аральской стали отнюдь не исключительным явлением.

Экологические катастрофы типа Аральской в прошлом, настоящем и будущем

Первая в Новое время экологическая катастрофа типа Аральской произошла в США на р. Колорадо, где в результате сооружения 10 плотин и разбора воды на орошение сток реки в нижнем течении упал с 9 млрд м³ в 1922-м до 2-3 млрд м³ в год в 1950-х годах, а в 1965 г. практически прекратился, появляясь только в годы с необычно большими осадками (рис. 1.5.3).

Еще одна подобная катастрофа развивается в дельте р. Хуанхэ. На гидрологической станции Личжин в нижнем течении реки число дней с нулевым стоком в год составляло в 1980-1989 гг. 36, а в 1990-1997 гг., в результате разбора воды на орошение, - 226. Признаки катастрофы типа Аральской наблюдаются на р. Нил, где сток в устье упал с 32 млрд м³ в год перед сооружением Асуанской плотины до 1,8 млрд м³ в год в настоящее время. Катастрофическое снижение стока и пересыхание в сухой сезон регистрируются на р. Ганг. Подобная участь ожидает и другие реки, менее крупные, например Иордан на Ближнем Востоке [Brown, Ayres (ed.), 1998; Xia Jun et al., 2001].

Последствия всех таких катастроф несколько смягчены в сравнении с Аральской тем, что перечисленные и другие крупные реки с зарегулированным стоком впадают не в замкнутый водоем, как Сырдарья и Амударья, а в Мировой океан. Тем не менее резкое сокращение стока, например, в дельте р. Нил уже привело к ее постепенному разрушению и отступлению, деградации ее экосистемы; число видов рыбы для коммерческого вылова в Ниле сократилось с 47 видов до 17, а запасы сардины в восточной части Средиземного моря упали на 83% в связи с прекращением выноса нильского ила, органика которого служила ей пищей.

Можно утверждать, что на ряде относительно малых рек всех континентов уже сегодня произошли или развиваются мини-ка-

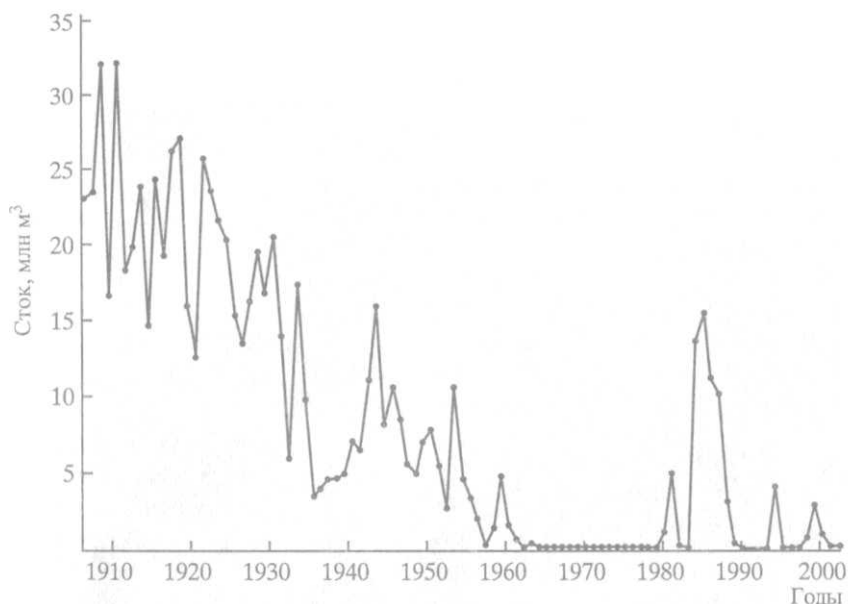


Рис. 1.5.3. Сток реки Колорадо ниже главных плотин и водозаборов с 1905 по 2001 г. [Gleick, 2003]

тастрофы, сходные с Аральской. Примером может служить р. Тарим в Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая. Когда-то она впадала в озеро, но в настоящее время нижний 300-километровый участок реки остается без поверхностного стока.

Катастрофы типа Аральской в водосборах некоторых бессточных озер

Интенсивное использование пресной воды, поступающей в Мертвое море, с начала 1960-х годов привело к нарушению его водного баланса. Испарение стало превышать приток и атмосферные осадки на поверхность озера. В результате уровень Мертвого моря понижается. В настоящее время он понизился ниже порога в проливе Линча, соединявшего южную и северную части моря, поэтому южный бассейн высох и сейчас используется как система испарительных прудов для производства солей, вода в которые закачивается из северного бассейна. Длина Мертвого моря уменьшилась с 80 до 50 км, сократились площадь и максимальная глубина, увеличилась соленость воды (рис. 1.5.4). Катастрофические события произошли также с озером Чад в Северной Африке, поскольку сток впадающих в него рек разбирается на орошение. За последние 40 лет поверхность озера сократилась с 25 000 км² до 1359 км², глубина воды с 10 до 1-2 м, а 50%

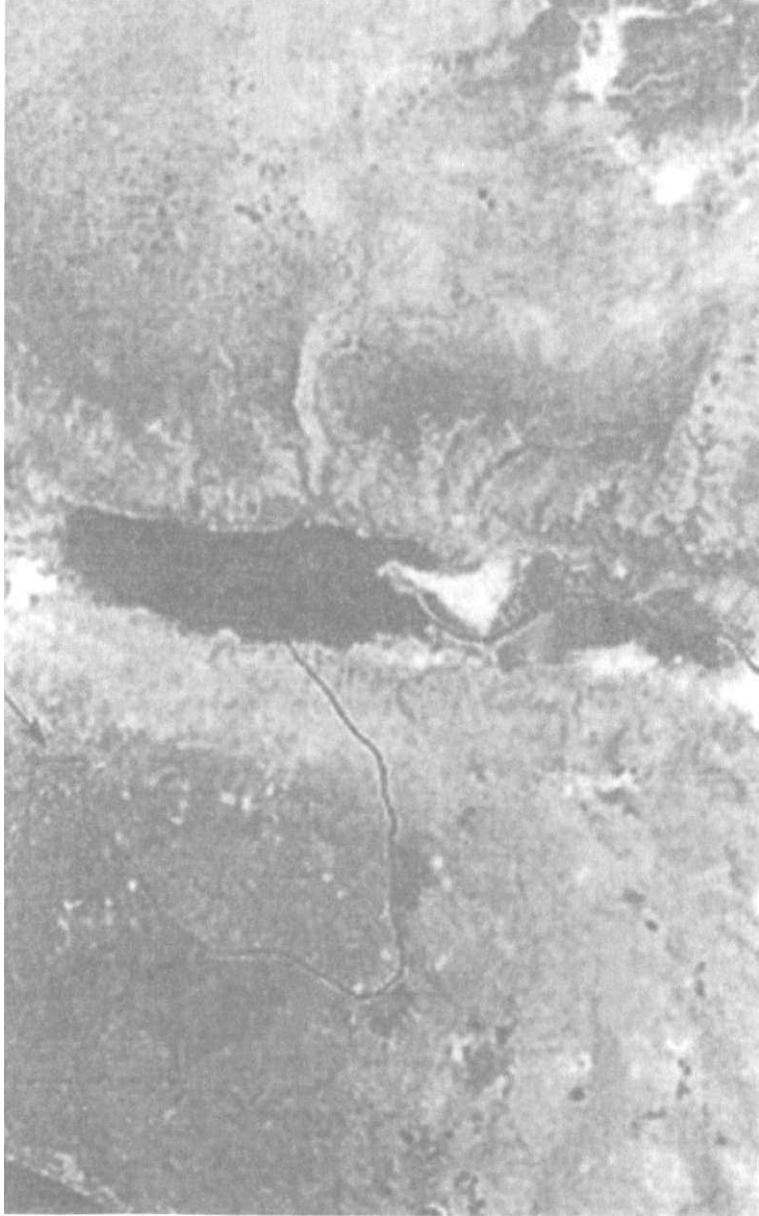


Рис. 1.5.4. Космический снимок Мертвого моря (10 сентября 2000 г.) [Косарев, Костяной, 2003]
Регулярно повторяющиеся съемки из космоса регистрируют сокращение площади, понижение уровня и увеличение солености этого озера

площади сохранившейся акватории заросло. Следствием этого стало засоление почв, гибель посевов, исчезновение рыболовства, обнищание местного населения [Косарев, Костяной, 2003].

Возрастающая вместе с численностью населения Земли потребность в продовольствии и стремление удовлетворить эту потребность применением технологий орошаемого земледелия - главная причина глобального процесса преобразования водосборов многих рек с разрушением естественных экосистем и заменой их техническими системами, активного изъятия воды из возобновляемых источников, перераспределения поверхностного стока, разрушения водных и пойменных экосистем, нарушения водного баланса подземных вод на больших территориях. Существенный вклад в этот процесс вносит и тотальное загрязнение водных объектов всеми отраслями современной экономики. Происходит интенсивная деградация водных экосистем, особенно ветландов - водно-болотных угодий с высоким уровнем биоразнообразия. В настоящее время в мире утрачено около половины водно-болотных угодий, в результате чего исчезло более 20% из 10 тыс. известных в мире пресноводных видов. Во многих регионах мира водные ресурсы перестали возобновляться в прежнем количестве и качестве в пределах естественных флуктуаций, т.е. фактически стали превращаться в невозобновляемые ресурсы.

1.6. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ: ВОДНЫЙ КРИЗИС И ВОДНЫЙ СТРЕСС

В связи с крайней неравномерностью распределения водных ресурсов в мире и столь же неравномерным развитием экономики значительная часть стран мира испытывает недостаток воды. В современной науке о воде широко используются термины "водный стресс" (water stress) и "водный кризис" (water crisis). В соответствии с Всемирной программой оценки воды (WWAP) водный стресс определяется как ситуация нехватки воды удовлетворительного качества и количества для обеспечения нужд людей и окружающей среды, а водный кризис - как текущий распространенный и хронический недостаток безопасного и достаточного количества питьевой воды и канализации с высоким числом случаев водообусловленных заболеваний, с разрушением ветландов и деградацией качества воды в реках и озерах. Эти определения имеют качественный характер, их использование для оценочных суждений требует количественных уточнений. Подобные уточнения предлагаются в различных исследованиях, но

не совпадают. Соответственно приводятся разные оценки численности населения, испытывающего водный стресс либо проживающего в условиях водного кризиса. В работе [Entekhabi et al., 1999] отмечается, что примерно треть населения мира испытывает водный стресс - в этом исследовании в качестве критерия стрессированности региона принята удельная (на душу населения) водообеспеченность менее 1700 м³ в год.

Водный стресс на Земле

Во многих работах для оценки водного стресса используется соотношение водозабора из водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Если это отношение менее 10%, то водного стресса нет, если от 10 до 20%, то существует слабая нехватка воды, если 20-40% - то умеренная, превышение 40% означает высокий уровень нехватки воды (водный стресс). Согласно такой шкале, умеренный уровень нехватки воды испытывает около 1 млрд человек, а сильный - еще четверть миллиарда [Helmer, 1997]. На основе использования этой же шкалы получены и другие оценки. Так, по данным Всемирной метеорологической организации (1997), умеренный и сильный водный стресс испытывают 1,9 млрд человек, а по данным Университета Нью-Гемпшир - 2,2 млрд [Oki et al., 2001].

В большинстве исследований констатируется, что в настоящее время не менее 40% населения мира живет в районах, испытывающих среднюю или острую нехватку воды (умеренный или сильный стресс). Предполагается, что к 2025 г. две трети населения мира (около 5,5 млрд человек) будут сталкиваться с нехваткой воды на этом уровне [Глобальная экологическая..., 2002]. Все большее число регионов, особенно в Северной Африке, а также в Западной, Южной и Центральной Азии, сталкиваются с проблемой дефицита воды. Между тем запасы пресной воды в мире достаточно велики.

На карте рис. 1.6.1 показано отношение водозабора к генерируемому среднегодовому речному стоку. Она в определенной степени демонстрирует регионы с водным стрессом разного уровня, к которым относятся как развитые, так и развивающиеся страны.

Запасы воды на Земле и их доступность для человека

Запасы воды на поверхности нашей планеты огромны, но 97,5% этих запасов - соленая вода и только 2,5% - пресная. Однако 70% пресной воды сосредоточено в ледниках и ледниковых покровах, другая часть - в почвенных водах или залегает глубоко под зем-

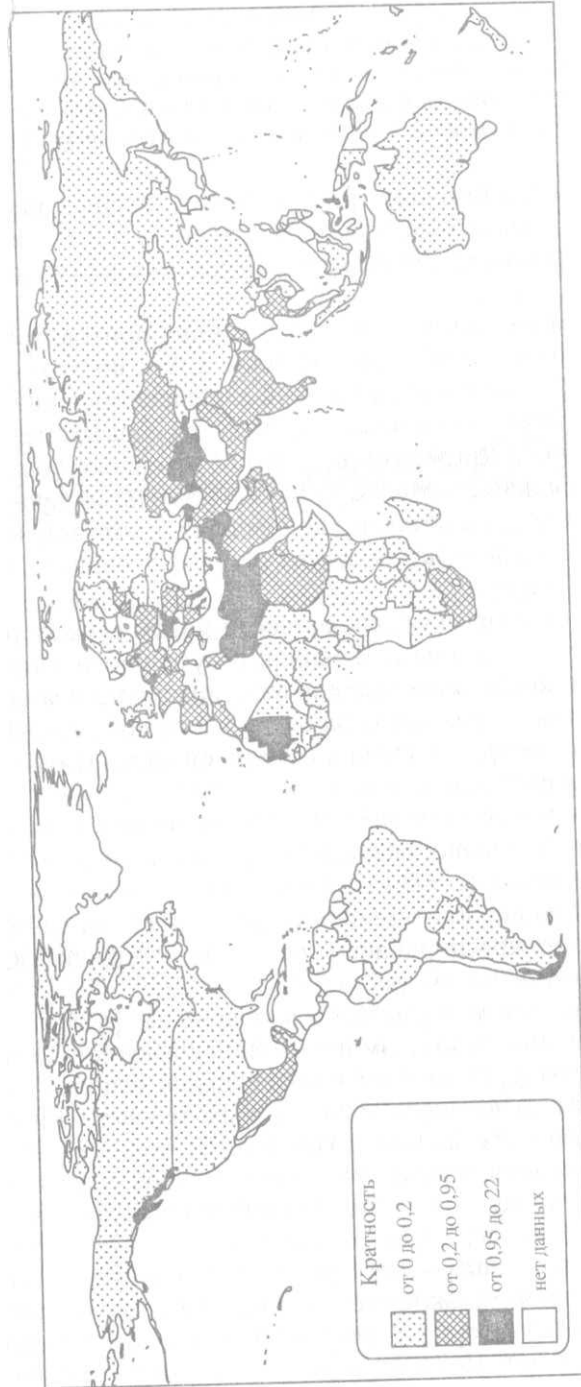


Рис. 1.6.1. Отношение общего водозабора к объему водных ресурсов, образующихся на территории страны

лей. В результате реально доступно человечеству менее 1% пресной воды, или всего около 0,007% всей массы воды на планете. Именно эта масса регулярно возобновляется через естественный круговорот воды, т.е. относится к возобновляемым ресурсам, в той или иной мере доступным человечеству [Helmer, 1997].

Крайне неравномерное распределение водных ресурсов на континентах мира отмечалось выше (см. табл. 1.2.4), на рис. 1.2.5 было представлено глобальное распределение доступной человечеству воды.

В среднем на каждого человека в мире приходится порядка 7600 м³ возобновляемой пресной воды в год, но это - не более чем условный показатель, полезный для сопоставлений. Реально во многих районах на человека приходится гораздо меньшее количество воды. С одной стороны, это обусловлено водно-климатическими условиями. Малое количество воды на душу населения характерно прежде всего для аридных и полуаридных районов, которые выделены на карте рис. 1.2.5 черным цветом и штриховкой "в клетку".

Важным фактором обеспеченности водой служит распределение осадков по сезонам. В районах муссонного климата при значительном количестве осадков в период летнего муссона часто наблюдается острая нехватка воды в зимний период. Это характерно, например, для Индии, восточной части Китая и других стран с муссонным климатом.

Величина возобновляемых водных ресурсов в расчете на душу населения, очевидно, снижается при росте численности и соответственно плотности населения: чем выше плотность, тем меньше воды на данной территории приходится на одного человека. Наиболее красноречивые примеры - Европа, Южная и Юго-Восточная Азия (см. рис. 1.2.4).

Таким образом, для аридных и полуаридных регионов, территорий с муссонным климатом и регионов с высокой плотностью населения характерно наиболее интенсивное использование воды, а следовательно, нарушение водных экосистем и высокий уровень загрязнения водных объектов. В этих же районах наблюдаются высокие показатели забора воды из источников. Это хорошо видно на карте величин водозабора на душу населения в странах мира (см. рис. 1.4.1): районы с высоким уровнем водозабора на душу населения - это территории с высокой плотностью населения и в значительной степени аридные и полуаридные территории либо территории с муссонным климатом. Именно здесь прежде всего действует контур положительной обратной связи,

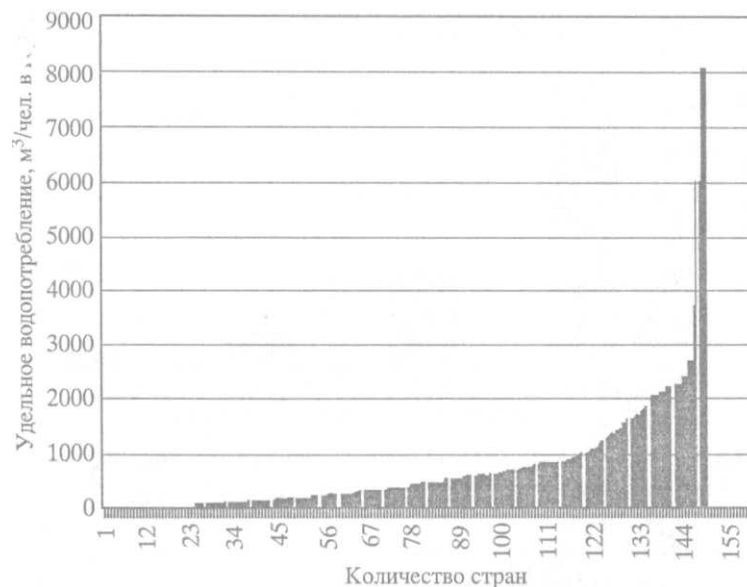


Рис. 1.6.2. Распределение стран по показателю удельного водопотребления, м³/чел. в год [Глазовский, 2004]

обуславливающий возникновение и усиление дефицита пресной воды (рис. 1.4.12).

Удельное водопотребление в расчете на душу населения (общий объем воды, потребляемой за год в народном хозяйстве, отнесенный к численности населения) - показатель с очень широким диапазоном изменений по странам мира: от значения менее 20 м³ на человека в год до более чем 8000 м³. Рис. 1.6.2 показывает распределение 155 стран мира по величине этого показателя. Только в восьми странах его значение превышает 6000 м³, причем высокие значения характерны для стран с низким уровнем экономического развития (за исключением США и Канады, где сохраняется в основном экстенсивный характер водопользования - природные условия позволяют такую роскошь). Об этом красноречиво свидетельствует рис. 1.6.3, на котором приведены данные о водоемкости ВВП в четырех группах стран с различным уровнем значений ВВП. Естественно, водоемкость ВВП зависит от многих факторов - географических, климатических, исторических и т.п., а также, конечно, водообеспеченности, однако тесная статистическая связь этого показателя с величиной ВВП бесспорна. На рис. 1.6.4 представлено размещение стран на координатной плоскости по двум показателям: душевому ВВП и удельному водопотреблению. Примечательно, что распределе-

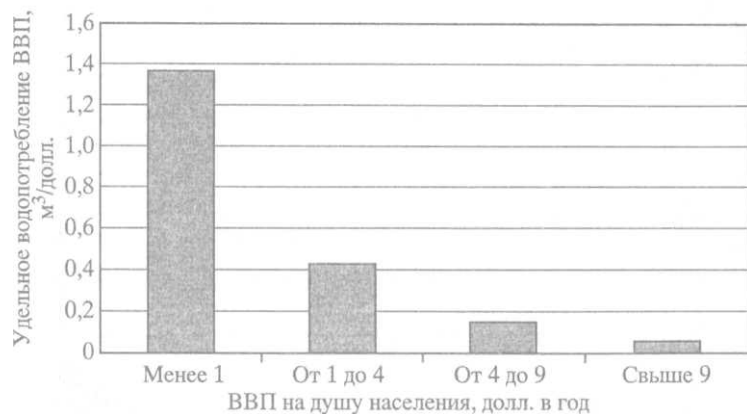


Рис. 1.6.3. Водоемкость ВВП в зависимости от величины ВВП на душу населения (по четырем группам стран) [Глазовский, 2004]

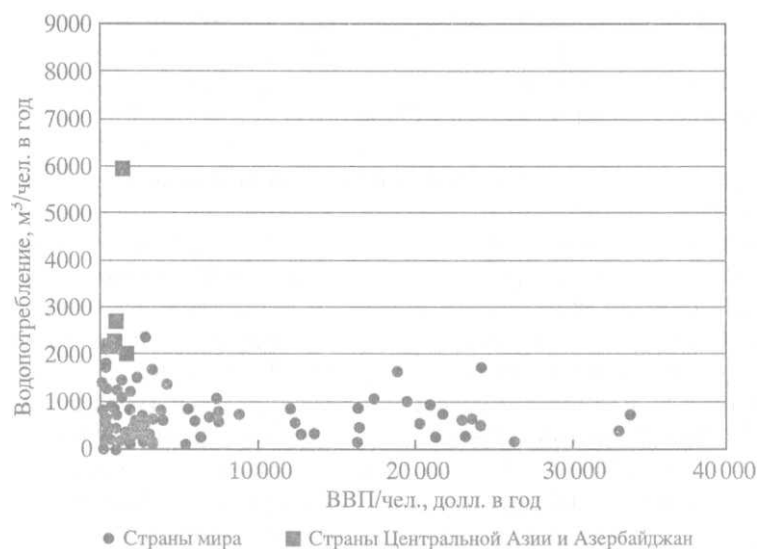


Рис. 1.6.4. ВВП на душу населения и удельное водопотребление в различных странах [Глазовский, 2004]

ние стран по величине удельного водопотребления (см. рис. 1.6.2) сходно с их распределением по показателю душевого валового национального продукта (ВНП) - рис. 1.6.5.

Огромный объем потребления воды человечеством и быстрый рост этого объема (только в XX в. водопотребление увеличилось в шесть раз и более чем вдвое превысило темпы роста на-

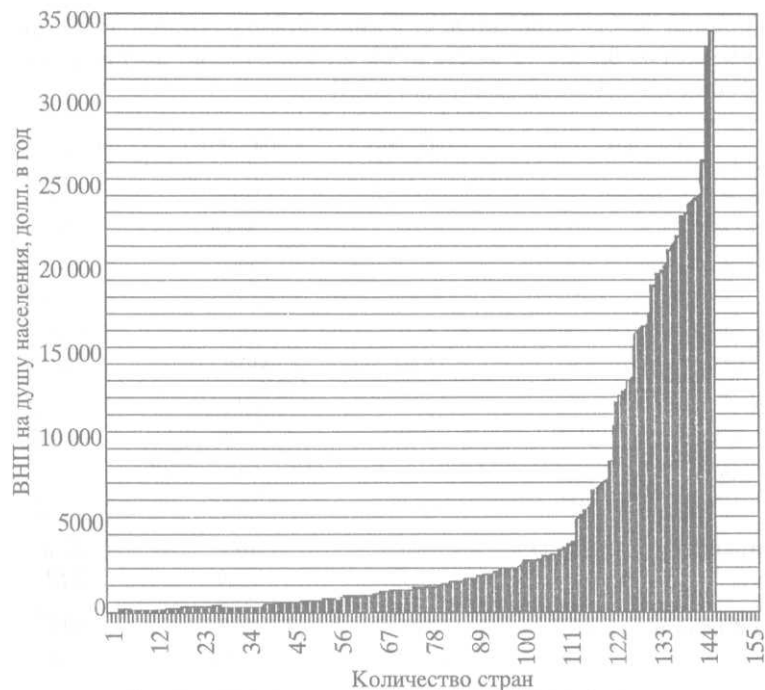


Рис. 1.6.5. Распределение стран по показателю ВВП на душу населения [Глазовский, 2004]

селения) не повлекли за собой сходного по темпам или масштабам водосбережения, рационализации использования воды и развития водосберегающих технологий. Из всей массы воды, потребляемой в сельском хозяйстве, 60% идет на непродуктивное испарение и возвращается в реки и подземные воды в виде загрязненной воды. Потребление воды в городах и промышленности также крайне непроизводительно. В развивающихся странах в результате утечек в системах водоснабжения, незаконных подключений к этим системам и неэффективного использования теряется до 50% воды, забираемой из источников. Во многих развитых странах этот процент также достаточно высок.

1.7. РАЗВИТИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕТРОСПЕКТИВЕ

Вода всегда рассматривалась как важный экономический ресурс, недаром самая высокая населенность с древности характерна для берегов пресноводных объектов. Известное высказыва-

Таблица 1.7.1. Динамика создания водохранилищ с полным объемом от 0,1 км³ и выше в XX в.: количество по периодам и объем в км³ [Авакян, Лебедева, 2002]

Материк	До 1900	1901-1950	1951-1960
Северная Америка	25	342	178
	8,4	344,4	254,4
Южная Америка	1	22	30
	0,3	8,8	28,8
Европа	9	104	113
	3,3	121,7	175
Азия	5	47	161
	1,7	17,9	293,6
Африка	-	15	21
	-	15	381,1
Австралия и Новая Зеландия	-	10	21
	-	10,6	20,1
Мир в целом	40	540	524
	13,7	518,4	1153

Примечание. Верхний ряд - число водохранилищ, нижний - объемы.

ние, что треть населения мира живет на берегах морей, означает лишь то, что люди расселились в устьях крупных и средних рек, впадающих в океан. Долины крупных рек - Нила, Ганга, Хуанхэ, Тигра и Евфрата - стали местами зарождения сельскохозяйственного производства и возникновения систем орошения, а в дальнейшем формирования первых государств, т.е. были колыбелью цивилизации.

В течение всего периода существования человеческой цивилизации (если понимать цивилизацию как противопоставление варварству), с самого ее начала - неолитической (сельскохозяйственной) революции - основой экономики были земля и вода. Лишь после промышленной революции, и то далеко не сразу, по объему производства, численности занятых и капиталу индустрия оттеснила сельское хозяйство на второй план. Но не только для индустриального, но и постиндустриального общества остается безусловно верным утверждение, что земля и вода - основа экономики, так как без этих ресурсов, необходимых для производства продовольствия, нельзя обеспечить выживание человечества.

1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	Итого
216	113	34	23	931
543	339	176,9	24,1	1681,5
54	88	51	34	280
96,9	251,5	349,1	159,8	895,2
172	94	76	35	603
189,4	103,6	49,3	14,3	656,5
215	222	138	149	937
640	484,1	321,5	226,3	1985,1
24	57	52	15	185
364,4	173,7	56,6	25,2	1016,1
18	27	12	2	90
15,5	42,4	5,9	0,45	95
699	601	363	258	3026
1840,2	1394,3	959,3	450,2	6329,5

XX век был веком не только мировых войн и революций, великого экономического кризиса, демографического взрыва, но и веком небывалого научно-технического и экономического рывка. Развитие экономики отдельных стран и мира в целом требовало все больше воды для сельского хозяйства, промышленности, бытовых нужд и получения энергии. Важнейшим фактором роста потребления воды было также увеличение численности населения. Однако плоды научно-технического прогресса в XX в. неравномерно распределялись между отраслями экономики, подобно тому как неравномерно распределены по территории суши водные ресурсы. В наименьшей степени этими плодами оказались обеспеченными природоэксплуатирующие отрасли, в том числе, как правило, главные водопотребители (более того, иногда научно-технический прогресс обеспечивал появление новых очень водоемких секторов - например, атомной энергетики, химии полимеров). Усилия водохозяйственных органов были направлены прежде всего на изъятие все больших объемов воды из водоисточников, на все большее вмешательство в гидрологический цикл для удовлетворения растущих нужд в пресной воде. Со-

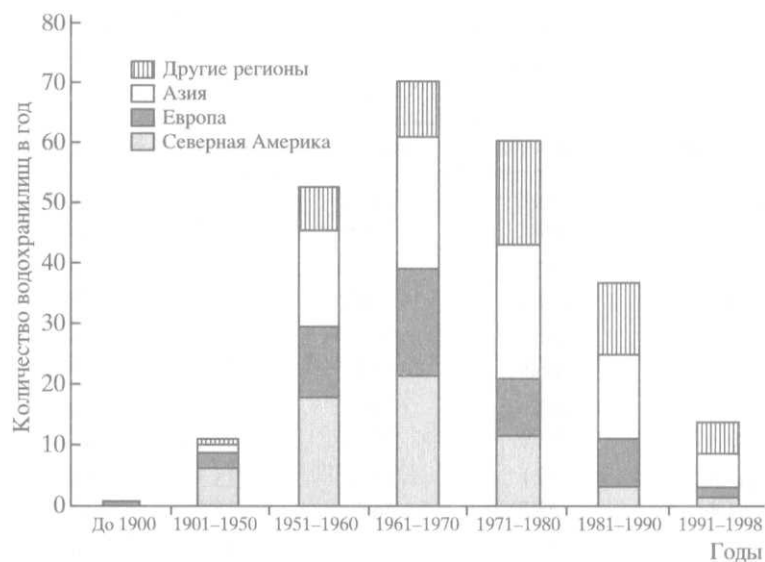


Рис. 1.7.1. Строительство крупных водохранилищ в XX в. (объемом более 0,1 км³) по десятилетиям; *другие регионы* включают Латинскую Америку, Африку, Австралию и Океанию [Максаковский, 2003]

оружение плотин для гидроэлектростанций с огромными водохранилищами, каналов для переброски воды в целях орошения, водозаборов для удовлетворения потребностей коммунального хозяйства и промышленности, бурение скважин для добычи подземных вод и строительство сетей водопроводов, иными словами, создание огромной водохозяйственной инфраструктуры стало основным средством удовлетворения растущих потребностей разных секторов хозяйства. В результате около 60% из 227 крупнейших рек мира расчленены плотинами, водозаборами или каналами. Темпы роста числа плотин и водохранилищ в мире в XX в. приведены в табл. 1.7.1; на рис. 1.7.1 показана динамика строительства крупных водохранилищ, на рис. 1.7.2 - их распределение по странам мира, в табл. 1.7.2 перечислены 11 крупнейших водохранилищ мира с указанием их объема. Рис. 1.7.3 представляет данные о площадях и объемах водохранилищ по материкам, а рис. 1.7.4 - о динамике распределения крупных водохранилищ по материкам, рис. 1.7.5 - о роли водохранилищ в преобразовании наземных геосистем и гидросистем.

Водное хозяйство развивалось под определяющим давлением текущих, кратко- и среднесрочных экономических интересов, однако долгосрочные перспективы и последствия этого развития

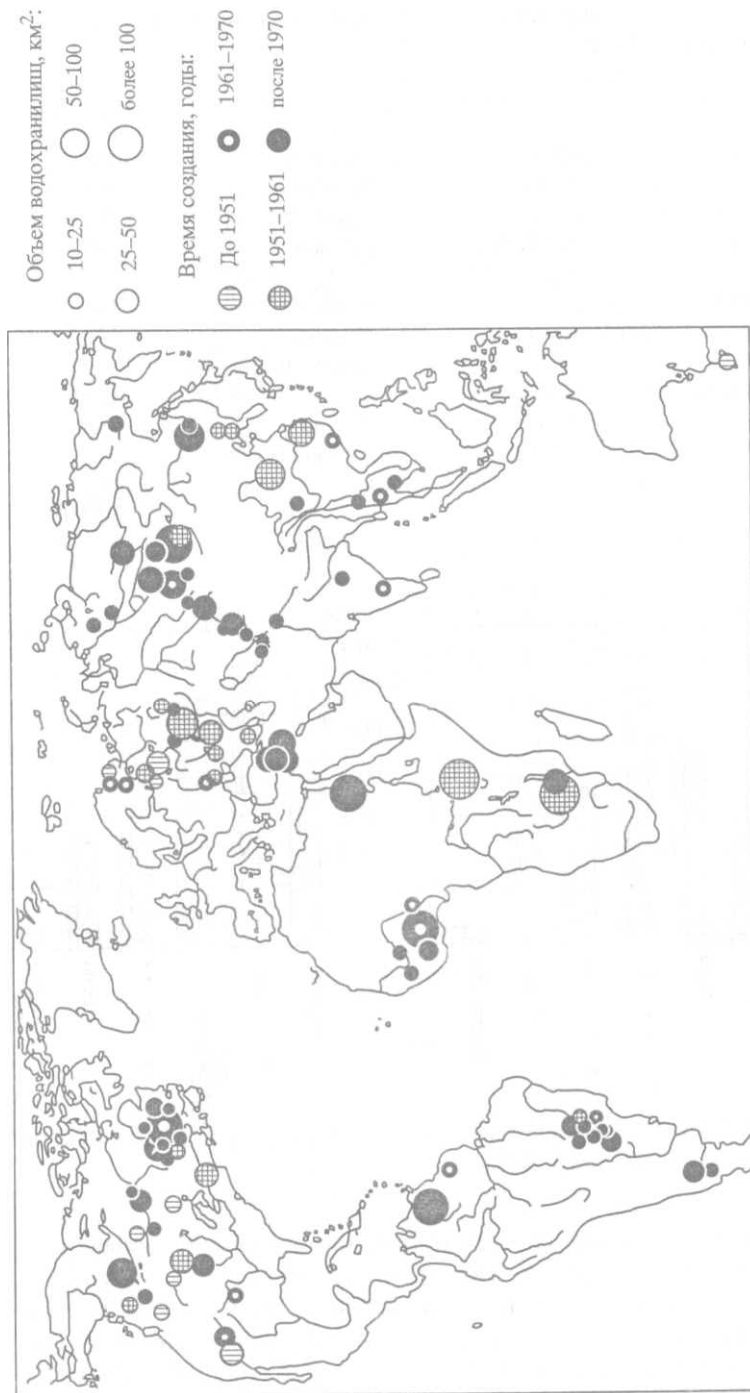


Рис. 1.7.2. Крупнейшие водохранилища мира [Авакян, Лебедева, 2003]

Таблица 1.7.2. Крупнейшие водохранилища мира [Авакян, Лебедева, 2002]

Материк	Страна	Водоохранилище	Полный объем, км ³
Африка	Уганда	Виктория	204,8
Азия	Россия	Братское	169,3
Африка	Египет	Насер (Асуан)	160,0
Африка	Зимбабве/Замбия	Кариба	160,3
Африка	Гана	Вольта	148,0
Северная Америка	Канада	Даниэль Джонсон	141,2
Южная Америка	Венесуэла	Гури	138,0
Азия	Ирак	Тартар	85,0
Азия	Россия	Красноярское	73,3
Северная Америка	Канада	Гордон Хрум	70,1
Итого			1350,6

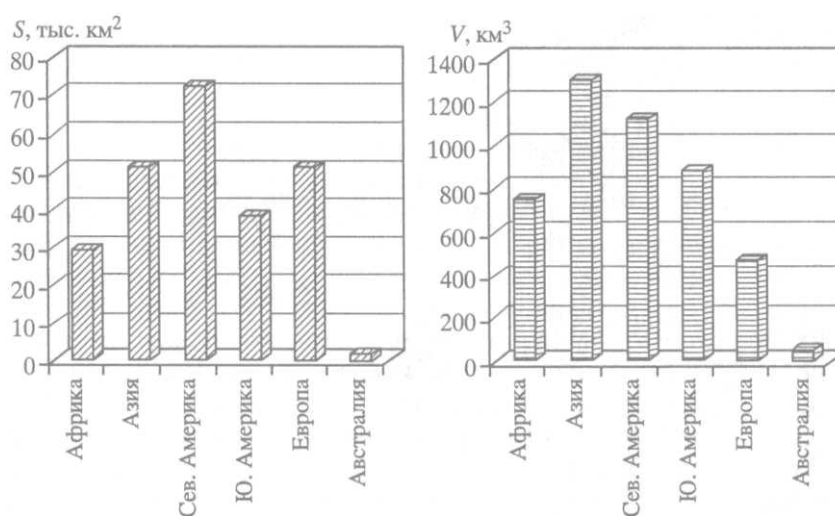


Рис. 1.7.3. Суммарные величины площадей и объемов водохранилищ по материкам [Барабанова, 2004]

не анализировались системно и недостаточно принимались во внимание при выборе соответствующих мер. Не учитывался воспроизводственный потенциал природных гидросистем, воздействие на них не только непосредственно водного хозяйства, но всех остальных отраслей экономики, не разрабатывались долгосроч-

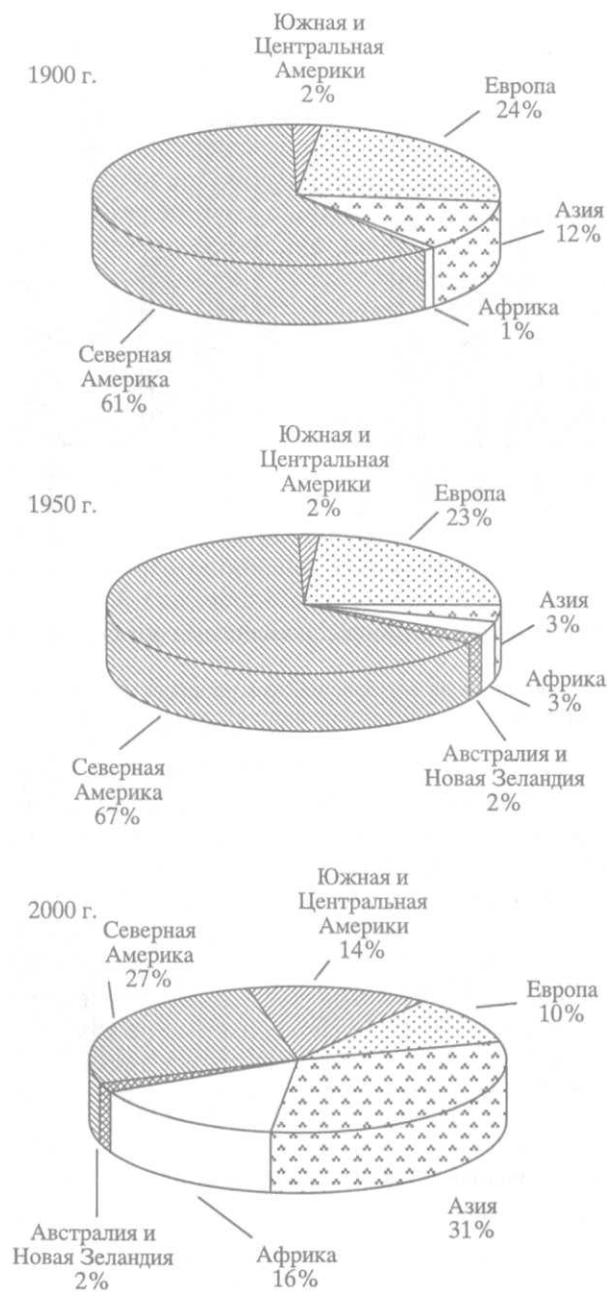


Рис. 1.7.4. Динамика распределения суммарного полного объема водохранилищ по материкам с 1900 по 2000 г. [Авакян, Лебедева, 2002]

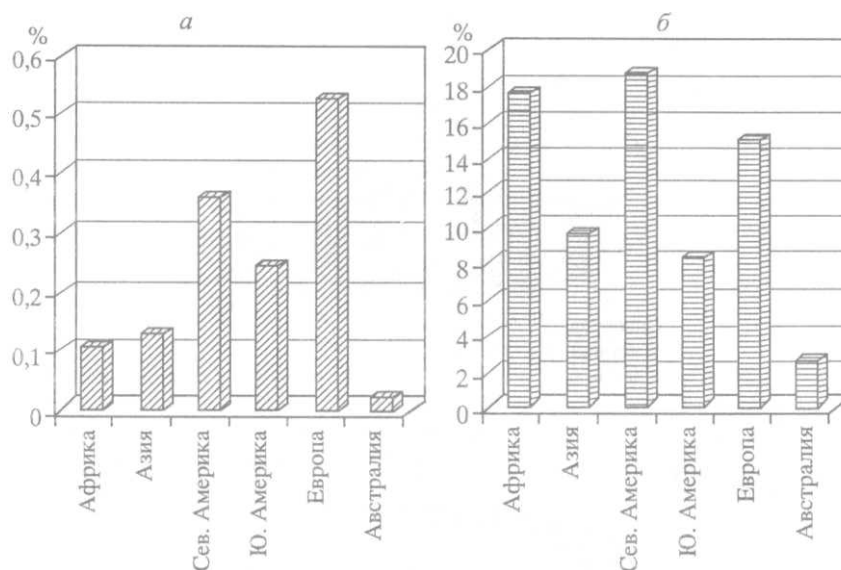


Рис. 1.7.5. Преобразование водохранилищами наземных геосистем и гидросистем, %

а - отношение площади водохранилищ к площади материков, *б* - отношение объема водохранилищ к объему речного стока материков

ные прогнозы изменений потребности в пресной воде. И хотя в XX в. для проектов всех гидротехнических сооружений проводились расчеты затрат, окупаемости, соотношения спроса на воду и ее предложения в конкретных регионах на среднесрочный период и т.п., в долгосрочном аспекте развитие водного хозяйства было стихийным, в том числе и в плановой экономике. Такой путь развития дал огромные выгоды миллиардам людей, но вместе с тем привел к непредвиденным чрезвычайно высоким социальным, экономическим и экологическим издержкам, поставил перед нынешним и особенно будущими поколениями гораздо более трудные задачи, чем приходилось решать в предшествовавшие эпохи.

Развитие водопользования в XX в.

В течение XX в., и особенно в последние 50 лет, воздействие человека на водный цикл планеты только за счет гидротехнического строительства достигло глобального масштаба. К 1950 г. было построено 5 тыс. плотин высотой более 15 м. Сейчас таких плотин насчитывается более 45 тысяч. В последние полвека в мире создавалось в среднем по две плотины в день [Postel, 2003].

Для обеспечения надежности производства продовольствия, особенно в районах с сезонной или постоянной нехваткой воды, еще 3-4 тыс. лет назад люди стали применять различные методы орошения сельскохозяйственных полей. В настоящее время роль орошения в решении проблем продовольственной безопасности мира и многих стран еще больше возросла. Во второй половине XX в. начался быстрый рост площади орошаемых земель за счет использования преимущественно речных вод и строительства крупных плотин и водохранилищ. Если за период от начала орошаемого земледелия до 1900 г. общая площадь орошаемых земель достигла 48 млн га, то к 1950 г. она удвоилась (94 млн га), а к концу XX в. выросла до 270 млн га. В последние полвека площадь пахотных земель в расчете на душу населения сокращалась, хотя площадь орошаемых земель до 1978 г. росла и достигла 0,047 га на человека, но далее и этот показатель также начал медленно снижаться. Из всего прироста продовольственной продукции в мире с середины 1960-х до середины 1980-х годов более половины обеспечило орошение. В настоящее время 40% мирового производства продовольствия обеспечивается за счет орошаемых земель [Григорьев, Кондратьев, 1999; Состояние мира, 1999, 2000].

Причиной снижения площади орошаемых земель на душу населения при продолжающемся росте его численности служат прежде всего природные ограничения. Как отмечалось выше, орошаемые площади по преимуществу размещены в аридных и полуаридных зонах, а также районах муссонного климата. В этих регионах ресурсы воды в водосборах некоторых рек практически исчерпаны (см. раздел 1.5). На подобных территориях расположены многие развивающиеся страны с быстро увеличивающимся населением, прирост потребностей которого в продовольствии превышает расширение площади орошаемых земель, если оно еще возможно и потенциал источников воды не исчерпан. В таких странах производство зерновых на душу населения снижается даже при развитии орошения и использовании передовых сельскохозяйственных технологий. Примером может служить Индия, где в начале XX в. в расчете на душу населения выращивали 250 кг зерна, а в настоящее время - только 200 кг. Из стран с аналогичными характеристиками водообеспеченности один лишь Китай смог увеличить производство зерна с 200 до 300 кг на душу населения, но этот результат обусловлен не только прогрессом в сельском хозяйстве и развитием орошения, но и жесткими мерами по снижению темпов прироста населения [Состояние мира, 1999, 2000].

В развивающихся странах нехватка воды ощущается в первую очередь в сельскохозяйственном секторе. Однако "столкновение" с природными ограничениями не всегда оказывается главной причиной водного дефицита. Население таких регионов относится к категории с низким доходом - менее 800 долл. США на душу населения в год. Экономический потенциал оказывается недостаточным для создания водохозяйственных систем, даже если по природным условиям такая возможность имеется. В подобных случаях причина водного голода лежит в социально-экономической сфере.

Чрезмерное использование воды для орошения ведет к различным негативным последствиям, в том числе и к сокращению площади сельскохозяйственных земель. В аридных и полуаридных зонах происходит вторичное засоление сельскохозяйственных полей, в результате которого уже 20% орошаемых земель оказались засоленными [Глобальная экологическая..., 2002]. Часть таких земель выводится из сельскохозяйственного использования, а на оставшихся урожаи резко снижаются, растут затраты на производство продукции. Это следствие не только экономическое, но и экологическое - возникает антропогенная засоленная пустыня или полупустыня. В связи с индустриальным развитием в ряде развивающихся стран, особенно в Восточной и Юго-Восточной Азии, сокращение сельскохозяйственных угодий в конце XX в. шло также за счет быстрого роста городов, производственной и социально-бытовой инфраструктуры.

Если раньше основным фактором, определявшим мировую структуру торговли зерном, была нехватка земли, то теперь существенное влияние на нее оказывает и нехватка воды во многих районах земного шара, особенно в Северной Африке, Сахеле, на Ближнем Востоке и в Восточной Африке. Например, количество зерна и других продуктов питания, ввозимых в страны Северной Африки и Ближнего Востока, по водоемкости производства эквивалентно годовому стоку р. Нил (исходя из того, что производство 1 т пшеницы требует 1000 м^3 воды). Для удовлетворения нынешних потребностей стран этого региона при достигнутом ими технологическом уровне производства продовольствия нужен еще один Нил.

Как было указано выше, 20% забираемой из водных объектов воды потребляет промышленность мира. Это потребление сосредоточено в основном в развитых странах с высоким уровнем дохода (более 9000 долл. в год), где, как правило, высока и природная обеспеченность водой (доступный объем воды в рас-

чете на душу населения). Ее недостаток здесь обычно связан с высоким уровнем загрязнения водных объектов и большими объемами использования воды, в том числе с интенсивным понижением уровня грунтовых вод. Загрязнение требует значительных дополнительных затрат на очистку воды при ее использовании в коммунальном хозяйстве и промышленности, где многим производствам необходима вода высокого уровня чистоты.

В развитых странах Европы, включая Россию, вода в основном расходуется в промышленном секторе и коммунальном хозяйстве, лишь в нескольких странах, расположенных в засушливых районах Средиземноморья или на средиземноморских островах, преобладает использование воды на орошение. В таких странах, как Германия, Бельгия, Финляндия, более 80% забираемой из водных объектов воды направляется в промышленность.

В условиях, когда вода оказывается ограниченным ресурсом, возникает конкуренция между потребителями за этот ресурс. Основные стороны таких конкурентных отношений - промышленность и сельское хозяйство. Если для производства 1 т пшеницы, цена которой на мировом рынке составляет 200 долл. (1999 г.), требуется 1000 т воды, то использование такого же количества воды в промышленном секторе может обеспечить выпуск продукции на сумму, в 70 раз большую, - до 14 тыс. долл. Кроме того, использование 1000 т воды в промышленности обеспечивает создание большего количества рабочих мест, чем в сельском хозяйстве. По узкоэкономическим критериям, когда не учитываются так называемые внешние эффекты и издержки, социальные, а также долгосрочные экономические факторы, для отражения которых непригодны обычные стоимостные измерители, использование воды в промышленности оказывается более предпочтительным, чем в сельском хозяйстве [Состояние мира, 1999, 2000]. Конечно, это указывает прежде всего на несовершенство методов экономических сопоставлений, основанных на применении только текущих рыночных цен. Однако это свидетельствует и о том, что по крайней мере некоторые страны, страдающие от дефицита воды, могут использовать ее более выгодно, увеличив долю промышленного водопотребления за счет уменьшения сельскохозяйственного.

Цена традиционного развития водного хозяйства

Современные экономические оценки показывают, что стоимость дальнейшего развития водохозяйственной инфраструктуры "как обычно" для водоснабжения, канализации, водоочистки, сельско-

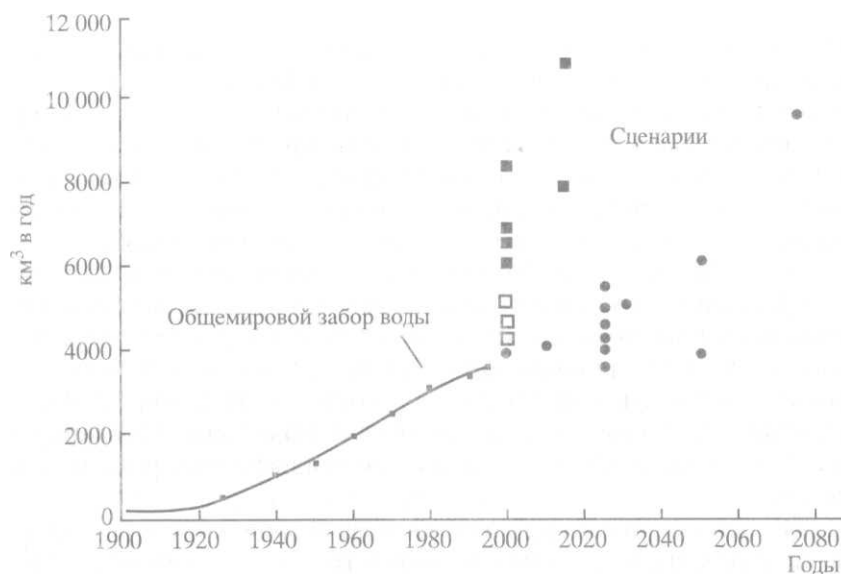


Рис. 1.7.6. Рост общемирового забора воды из водоисточников и прогнозы его изменения [Gleick, 2003]
 ■ - сценарии, разработанные до 1980 г., □ - между 1980 и 1995 г., • - после 1995 г.

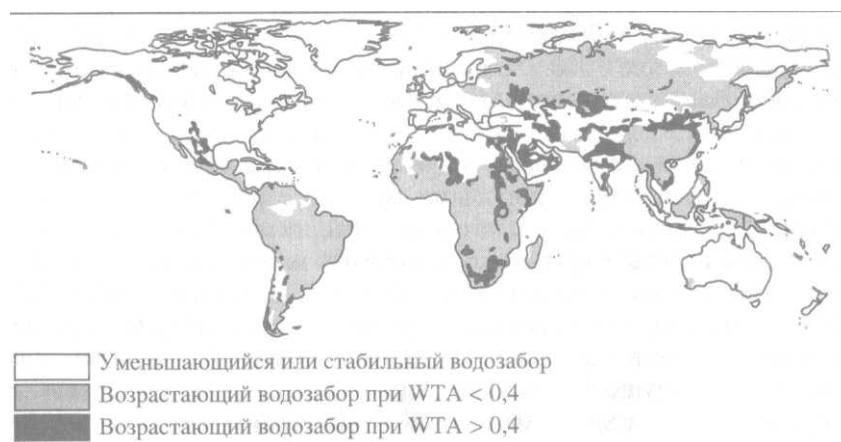


Рис. 1.7.7. Прогноз отношения водозабора к доступным водным ресурсам (WTA) на 2025 г. при развитии "как обычно" (рассчитано по модели WaterGAP 2/1 Кассельского университета) [Alcamo et al., 2003]

Отношение WTA, равное 0,4, оценивается как высокий водный стресс. Для 24% водозаборов это отношение прогнозируется на уровне выше 0,4, в основном такие водозаборы расположены в аридных районах, но подобная ситуация ожидается и в зонах, в настоящее время относимых к водообеспеченным: бассейны Дона, Гудзона, Темзы, Оверни, рек Флориды

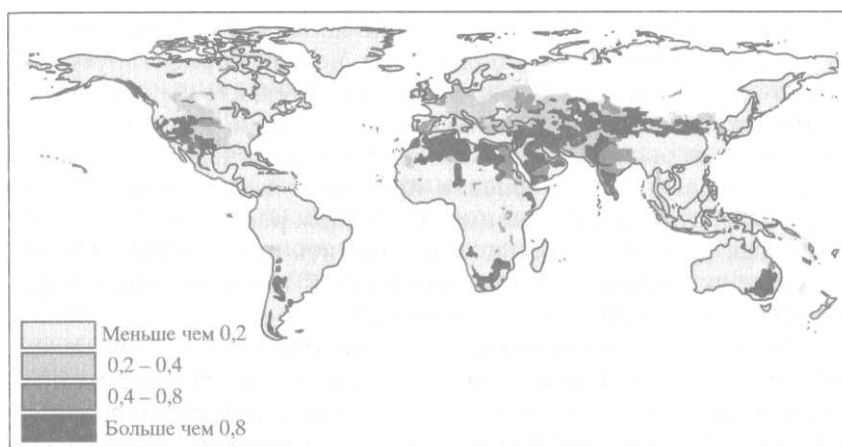


Рис. 1.7.8. Отношение объема водозабора к доступным водным ресурсам в 1999 г. (по данным для климатического периода 1961-1990 гг., рассчитано по модели WaterGAP 2/1 Кассельского университета) [Alcamo et al., 2003]

го хозяйства и охраны окружающей среды потребует ежегодных затрат 180 млрд долларов до 2025 г. При этом в оценку не включены затраты на крупномасштабные переброски стока. Эта оценка сделана на основе будущих потребностей в воде стран, достигших современного уровня индустриализации с централизованным водоснабжением и очисткой загрязненных вод. В случае применения в водном хозяйстве интенсивных технологий эти затраты можно снизить до 10-25 млрд долл. в год для последующих 20 лет [Gleick, 2003].

Сценарии развития водного стресса и водного кризиса предполагают нарастание подобных явлений с вовлечением в зону их воздействия большей части населения мира (рис. 1.7.6, 1.7.7 и 1.7.8). Решение этих проблем возможно только на основе расширения использования водозэффективных технологий, перехода от экстенсивного пути развития водного хозяйства к интенсивному.

1.8. ОБ ЭКОНОМИКЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Во многих сценарных и проектных разработках, посвященных проблемам водопотребления и дефицита пресной воды, большое внимание уделяется рынку, в частности мировому. Одни исследователи ждут от него окончательных оценок предлагаемых проектов, другие, наоборот, стараются доказать, что ры-

нок сам по себе не только в принципе не может решить проблему водного дефицита, но, более того, неверно ориентирует как тех, кто владеет водными ресурсами, так и тех, кто страдает от их недостатка. Известны, конечно, и взвешенные подходы, когда возможности рынка стараются оценить объективно.

Для анализа этого аспекта проблемы необходимо прежде всего охарактеризовать специфику водных ресурсов в сравнении с другими природными благами, выяснить их свойства, существенные с экологической и экономической точек зрения, и определить особенности воды как товара.

На рис. 1.4.12 была приведена схема образования и усиления дефицита воды. Очевидно, что важнейшие для этой схемы процессы и объекты воздействия имеют экологический и социальный характер, следовательно, находятся вне сферы непосредственного действия рынка, т.е. оказываются экстерналиями. Качество окружающей среды, состояние экосистем, их биопродуктивность - все это не продается на рынке и прямо им не оценивается. То же можно сказать и о демографических факторах, стереотипах социального поведения, ценностных ориентирах и т.п. Экологические факторы играют решающую роль в формировании водных ресурсов, т.е. природных ограничений на возможности потребления воды, а социально-демографические (наряду с собственно экономическими) определяют общественную потребность в них.

В экологическом аспекте специфика ситуации состоит в том, что ограничения, как правило, не воспринимаются как жесткие в силу ряда причин (которые характерны не только для водопользования, но для всех видов антропогенного воздействия на окружающую среду). Во-первых, в большинстве случаев ограничения не определяются с желательной точностью (например, многие годы остается дискуссионным вопрос об экологически безопасных объемах изъятия воды из водных объектов, в частности из малых рек). Во-вторых, всегда имеется возможность физических нарушений ограничений - чрезмерного сброса загрязнений, чрезмерного забора воды, чрезмерных воздействий на экосистемы водосбора и т.п.; здесь нет природного аналога электрического предохранителя, который "перегорает", как только сила тока превышает заданный предел, и тем самым прекращает опасное воздействие на защищаемую систему. В-третьих, последствия нарушения экологических ограничений сказываются, как правило, через значительный период времени - за горизонтом, до которого распространяется действие присущей рынку системы экономического оценивания. Эта причина, связанная с двумя предыду-

щими, собственно, и является основной для экстермальности экологических факторов.

Методы интернализации внешних эффектов, восходящие к Пигу [Pigou, 1920; Пигу, 1985], позволяют в некоторых случаях на основе рыночной информации получать (косвенные) оценки экстерналий, но область их применения узка и, главное, велик разброс значений таких оценок при использовании различных методов и варьировании исходных данных в интервалах их возможных значений. Однако главная задача, решаемая интернализацией, - возможность управления использованием внешних факторов, в том числе природных (через налоги, фиксированные платежи в бюджет, страхование, механизмы стандартизации и нормирования и пр.), - позволяет в принципе компенсировать недостатки рыночной системы, предотвращать так называемые "провалы рынка" [Бобылев, Ходжаев, 2004]. Стандартная рыночная схема проста: дефицит продукта определяет рост цены на него, это стимулирует приток инвестиций в производство данного продукта и повышение предложения. Эта схема, вообще говоря, не срабатывает в случае дефицита воды прежде всего потому, что ее воспроизводство обеспечивается природными, а не техногенными системами, роль последних вторична и второстепенна в сравнении с первыми. Угроза процессам воспроизводства пресной воды исходит от человека и его хозяйства, и рынок сам по себе не мобилизует инвестиции для предотвращения этой угрозы, а, наоборот, способствует формированию отмеченного выше разрушительного контура положительной обратной связи.

При расширении эксплуатации природных ресурсов неизбежно проявляется тенденция перехода от более эффективных источников (водных объектов, месторождений, участков земли, регионов промысла и т.д.) к менее эффективным, так что каждая следующая единица добываемого природного материала обходится все дороже, и в связи с исчерпанием возможностей наименее затратных источников издержки на освоение и эксплуатацию новых растут. Эта ситуация неизбежна при ориентации на экстенсивные факторы и быстрее всего возникает именно в природопользовании.

Эффект масштаба и закон убывающей эффективности

Экономическое процветание развитых стран в значительной степени обусловлено умелым использованием эффекта масштаба, когда отдача каждой следующей единицы затрат увеличивается с ростом объемов производства (естественно, не до бесконечности, а до определенного, но довольно высокого предела). Причины, формирующие возможность эффекта масштаба,

разнообразны, они действуют в обрабатывающей промышленности, особенно в массовом производстве и высокотехнологичных отраслях. Что же касается водопользования (как и эксплуатации минеральных и биологических ресурсов, землепользования), то в этой сфере подобные причины, даже если они действуют, перекрываются иными факторами - действует закон убывающей эффективности.

Ситуации, характеризуемые убывающей эффективностью, порождают проблемы, крайне "неудобные" для рынка. Отмеченный в разделе 1.4 стереотип мышления, подталкивающий к решениям экстенсивного типа, не возник сам собой, он сформирован рынком. Как известно, горизонт анализа, обеспечиваемого использованием рыночных оценок, недалек: 10-15, самое большее 20 лет, но это в исключительных случаях, в наше время уже вряд ли реальных. Система рыночных (стоимостных) оценок жестко связана со структурой экономики, которая в ходе развития цивилизации меняется все быстрее, так что теперь период в два десятилетия уже достаточен для весьма существенных структурных изменений, и оценки двадцатилетней давности непригодны как ориентиры в рыночной стихии. "Близорукость" рынка обуславливает возникновение своего рода ловушки.

Возникает контур положительной обратной связи (уже чисто экономический, хотя и индуцируемый - применительно к воде - указанным в разделе 1.4 контуром, где действуют прежде всего гидрологические и экологические факторы). Дефицит толкает к повышению цены, это стимулирует "производителей" воды к повышению предложения, а потребителей - к сокращению спроса. Однако потребление воды малоэластично относительно цены, потребитель соглашается с новой ценой, почти не снижая величину удельного использования воды, более того, расширяя валовое потребление при росте населения и/или экономики. Что касается "производителей", то они идут по пути расширения забора свежей воды, но отнюдь не поддержки процессов ее воспроизводства, так как соответствующие мероприятия не дают отдачи за период, в течение которого сохраняется разрешающая способность рыночных оценок как инструмента для расчета эффективности. В результате издержки для каждой следующей единицы неизбежно растут: на доставку - из-за ухудшения условий доступа к источникам, на водоподготовку - в связи с ухудшением качества. Появляется дополнительный стимул повышения цены, происходит дальнейшее увеличение забора воды, гидрологические и экологические условия все более ухудшаются, воды становится меньше, ее качество падает, издержки

растут и т.д. - петля положительной обратной связи затягивается, а рынок не в состоянии преодолеть кризисную ситуацию, наоборот, он лишь обостряет ее.

Вывод: водопользование, развивающееся экстенсивным способом, рано или поздно приводит к кризису, и рынок не препятствует этому. Сил рынка недостаточно для обеспечения устойчивости водопользования при возникновении дефицита воды, если он обусловлен малым количеством или низким качеством воды в природных источниках.

Потребление пресной воды, как уже отмечалось в разделе 1.1, по физическим характеристикам (объем, масса) колоссально, несопоставимо ни с одним другим природным ресурсом или техногенным продуктом. При этом разброс показателей расхода воды на единицу выпуска любого конкретного продукта весьма значителен, максимум может быть выше минимума многократно. Например, средние затраты воды на производство 1 долл. сельскохозяйственной продукции в странах Центральной Азии на порядок выше, чем в лучших хозяйствах пустынной Аризоны (США) или маловодного Израиля. Конечно, разница не столь велика, если сравнивать средние показатели одних стран со средними же, а не лучшими других стран; но и в этом случае разброс впечатляет - сопоставление данных для Израиля и стран Центральной Азии о потреблении воды в целом по экономике и в целях орошения приведено на рис. 1.8.1.

Очевидно, для производства каждого продукта водоемкость определяется применяемыми технологиями, а также качеством труда и менеджмента. На первый взгляд парадоксально, что водосберегающие технологии одновременно оказываются и энергосберегающими, экономными практически по любому используемому ресурсу: ведь мы привыкли к идее заменяемости ресурсов - больше капитала, значит, меньше труда, и наоборот. Однако больше воды - значит, больше энергии для ее "проведения" по всей технологической цепочке, больше материалов для труб, котлов, цистерн, прудов-накопителей, больше текущих расходов на содержание и обслуживание этих компонентов технологии и т.д. Имеются и относительно маловодоемкие отрасли и предприятия - прежде всего, производство информации, интеллектуальных продуктов, многих видов высокотехнологичного оборудования. (При этом, естественно, следует различать прямую водоемкость, выражающую непосредственные затраты воды на производство единицы продукта, и полную водоемкость, учитывающую расход воды во всех звеньях технологических цепочек, приводящих к данному продукту, т.е. всю ту воду, которая была за-

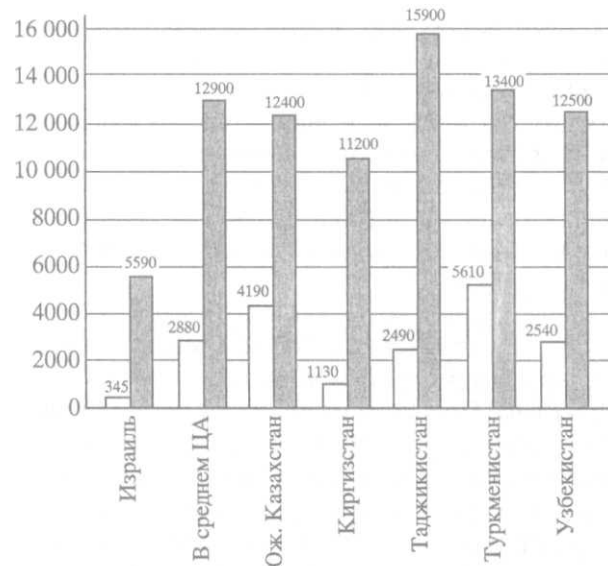


Рис. 1.8.1. Удельное водопотребление в странах Центральной Азии (ЦА) и Израиле [Баратов, 2004]
 □ - расход воды на душу населения в год в народном хозяйстве в целом, м³/чел.
 ■ - удельный расход воды на орошение в год, м³/га

трачена на производство полуфабрикатов, энергии и т.п. ингредиентов, используемых при его изготовлении.) Даже в сельском хозяйстве известны маловодоемкие культуры - они возделываются в богарном земледелии (о водосбережении в различных отраслях экономики, в том числе сельском хозяйстве [см., в частности: *Вайцеккер* и др., 2000]).

Таким образом, как бы ни был велик объем пресной воды, используемой в современной экономике, эта величина регулируемая. Водоемкость ВВП и обобщающие показатели эффективности водопользования зависят прежде всего от структуры народного хозяйства (доли водоемких отраслей) и его технологического уровня. Вода в случае дефицита в значительной мере заменяема другими ресурсами и особенно водоемкими продуктами, произведенными в регионах, не страдающих от ее дефицита. Имеется в виду замещение в рамках экономики в целом, а не в отдельных отраслях, где его может и не быть: нельзя заменить воду чем-то другим для водного транспорта, но существуют гораздо менее водоемкие другие виды транспорта; нельзя производить многие продукты растениеводства без значительных затрат воды, но можно отказаться от их производства в пользу импорта,

окупая затраты производством в сравнительно маловодоемких отраслях. Для принятия решений такого рода, связанных со структурными сдвигами в национальном хозяйстве, принципиально важно, что возникающие в результате эффекты в основном относятся к экстерналиям, поскольку имеют долгосрочный характер.

Повышение цены на ресурс, безусловно, стимул его экономии и роста эффективности использования, хотя действенность этого стимула существенно определяется эластичностью потребления от цены. Кроме того, рынок слабо стимулирует эти процессы, если повышение цены еще не состоялось, а только прогнозируется - замена оборудования требует времени; дело в том, что ожидания действуют тем сильнее, чем меньше лаг между принятием решения и его реализацией. Именно поэтому ожидания сильнее всего стимулируют операции спекулятивного характера - инвестиции в водосбережение и охрану вод к этому типу не относятся. Тем более рынок оказывается недостаточным регулятором, когда дело касается изменения структуры народного хозяйства - это обусловлено отмеченным выше формированием контуров с положительной обратной связью.

Если возникает необходимость использования "неместного" источника (в случае его истощения или недостаточности для удовлетворения расширяющихся потребностей), вода оказывается весьма транспортным продуктом, естественно, не в единицах руб./т или руб./м³, а в сопоставлении с объемом ее использования. Подходящим измерителем мог бы быть показатель роста доли издержек на водообеспечение в составе затрат на производство единицы продукции при удлинении "плеча доставки" потребляемой воды. Для расчета такого показателя необходимы данные об издержках на прирост водообеспечения. К сожалению, с удовлетворительной точностью такие данные вряд ли могут быть получены косвенными методами (экстраполяцией, моделированием, по аналогии и пр.) из-за исключительного разнообразия конкретных условий. Поэтому требуется прямое проектирование, а оно сопряжено с большими затратами и риском некупаемости.

Чтобы пояснить масштабы возможных затрат на доставку дополнительного количества воды, рассмотрим в качестве примера широко известный проект перераспределения стока р. Оби в Аральский регион. ТЭО, проходившее в 1982 г. Государственную экспертизу Госплана СССР, содержало оценку капитальных затрат в размере 16 млрд долл. (при объеме перебрасываемой воды 27,5 км³ в год, протяженности основного канала 2550 км, ши-

рине - до 200 м, глубине - 16 м). Это число - 16 млрд долл. - до сих пор нередко приводится как оценка требуемых капитальных затрат. Однако в экспертном заключении, над которым работали несколько десятков весьма авторитетных ученых и специалистов, указывалось, что величина требуемых капитальных затрат в ТЭО занижена не менее чем в 2,5 раза. Далее, для приведения затрат к текущему моменту времени необходимо принять во внимание инфляцию за прошедшие 20 лет. Но и это не все: повсюду в мире и особенно в России темп роста цен на тяжелую технику (экскаваторы, большегрузы, бульдозеры и пр.) и строительные работы существенно превышал средний темп инфляции. Наконец, за 20 прошедших лет повсюду в мире в инвестиционных проектах, связанных с воздействием на окружающую среду, существенно увеличились природоохранные затраты. (Надежды на то, что "нас это не касается", - иллюзия: без иностранных кредиторов или инвесторов нам подобный проект не вытянуть, а ни один западный банк или инвестор не станут участвовать в таком мероприятии, если не убедятся в его экологической приемлемости.) Попытки учесть все эти факторы приводят к фантастической оценке капитальных затрат: не менее 130 млрд долл. При расчете этой оценки использовались дефляторы и близкие по смыслу коэффициенты, значения которых известны лишь приближенно, с точностью в лучшем случае порядка 10%. Но на порядок итоговых величин это существенно не влияет, тем более что всякий раз из возможных значений каждого коэффициента выбиралось "играющее" на понижение конечного результата.

Транспортноемкость воды для каждого региона имеет четко выраженный перелом: она относительно невысока, пока объем не превышает местных ресурсов, и очень резко возрастает, как только возникает необходимость привлечения неместных источников. В этом переломе зависимости транспортных затрат от объема, по существу, проявляется действие закона падающей эффективности для природных ресурсов. Однако в случае достаточно широко распространенных ресурсов (уголь, нефть, железная руда, бокситы и пр.) резкого перелома не наблюдается. Парадоксально, что в этом отношении самый распространенный ресурс - вода - обнаруживает сходство с наиболее редко встречающимися ресурсами, при том радикальном различии, что они никогда не используются в значительных объемах, а потому их транспортноемкость не имеет сколько-нибудь существенного экономического значения.

При современных ценовых соотношениях экономически оправданы перемещения воды лишь в локальных системах водоснабжения, водоводах протяженностью не более трех-четырех

сотен километров и оросительных системах из источников, удаленных от потребителя не более чем на такое же расстояние. Экономическое обоснование более дальних перемещений воды представляет проблему, которую не удастся решить без того, чтобы при этом не было резких возражений по поводу корректности произведенных калькуляций. Конечно, исключения могут представлять перевозки бутилированной питьевой воды - здесь определяющее влияние на розничную цену товара имеют тара, разлив, сертификация, контроль качества, издержки торговли и пр.; воды в этом товаре много меньше, чем всего остального (наличие фальсификаций - на российском рынке они, по-видимому, доминируют - этого тезиса не отменяет).

Таким образом, за отмеченным исключением плечо оправданной транспортировки воды невелико, если обоснование проводится на основе текущих значений стоимостных оценок. Однако из приведенных выше соображений о ненадежности таких оценок в долгосрочном анализе неизбежно вытекает вопрос: изменится ли этот вывод, если попытаться принять во внимание вероятные изменения оценок? Очевидно, надо выявить тенденции структурных сдвигов в системе стоимостных оценок, определяемых рынком. Особых подробностей для наших целей не требуется, так что достаточно констатировать общеизвестную истину: цены на высокотехнологичное оборудование снижаются (именно оно необходимо для ресурсосбережения, в том числе для повышения эффективности использования воды), а на строительные работы и "тяжелую" технику (то, что прежде всего требуется для "каналостроения") - растут. Очевидно, эта тенденция долгосрочная. Следовательно, ситуация будет меняться отнюдь не в пользу грандиозных проектов "переброски".

Итак, с учетом современного технического уровня производства, его структуры и цен, а также ожидаемой динамики этих факторов экономия воды дешевле, чем обеспечение ее дополнительного количества. Естественно, это справедливо не всегда, а лишь до определенного предела эффективности водопотребления, но в настоящее время такой предел еще весьма далек для большинства звеньев мирового хозяйства. Тенденции развития мировой экономики лишь усиливают отмеченное различие в затратах.

Сторонники иной точки зрения подчеркивают, что ресурсы пресной воды распределены на поверхности земной суши весьма неравномерно. Это действительно так (и уже обсуждалось выше), но отсюда вовсе не следует, что надо исправлять "ошибку" природы и перераспределять водные ресурсы с целью добиться их равномерного распределения.

Следует отметить один феномен, который можно воспринимать как свидетельство возможности особых ситуаций при оценках целесообразности перераспределения стока. Речь идет о канадской гидроэнергетической системе, в которой осуществляется переброска до 200 км³ воды в год, однако в основном между близко расположенными реками. Целью при этом является увеличение их общей энергетической мощности и обеспечение более однородного распределения гидроэнергетического потенциала между ГЭС. При этом экологические последствия оказываются минимальными, поскольку районы-доноры и районы-реципиенты в экологическом отношении весьма близки (чего никак нельзя сказать, например, о среднем или нижнем течении Оби и Приаралье), а обводненность соответствующих территорий практически не изменяется.

Если сейчас человек неудовлетворен "неравномерностью" распределения водных ресурсов, т.е. слишком большим разбросом h_i/L_i (обозначения введены в разделе 1.4), то у него имеются две чистые стратегии (если пользоваться теоретико-игровой терминологией) для исправления ситуации: экстенсивная, сводящаяся к увеличению h_i посредством перераспределения стока, и интенсивная, основанная на повышении эффективности использования водных ресурсов.

Интенсивная стратегия предполагает прежде всего уменьшение потребности в воде в расчете на душу населения (или единицу производимого продукта), причем не посредством сокращения личного потребления ниже санитарных норм (неизбежное следствие экстенсивного развития), а за счет технологических и экономических мер в водопользовании, водосбережения и охраны вод. Показатель h_i/L_i , ориентированный на количественный аспект, отражает результаты экстенсивного, но не интенсивного типа. При реализации мер по повышению эффективности водопользования, основных для интенсивной стратегии, меняется не этот показатель, а критерий дефицитности воды, уровень h_i/L_i , воспринимаемый как критический: количество воды, ранее не удовлетворявшее экономическую потребность в ней, становится достаточным при том же объеме производства продукции и численности населения. Посредством водоохраных мероприятий можно (и должно) повышать и водообеспеченность территории, но показатель h_i/L_i не справляется и с этим случаем, поскольку не отражает качественного аспекта, а при интенсивной стратегии водообеспеченность (в широком понимании) растет именно вследствие повышения качества воды в источниках.

Естественно, обе стратегии совместимы, на их основе можно строить смешанные стратегии. Однако, как показано выше, экстенсивная стратегия имеет область применения, заведомо ограниченную транспортным плечом, да и целым рядом иных факторов. Вместе с тем, до физических и социально-биологически обусловленных пределов повышения эффективности потребления воды в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве пока очень далеко.

Пресная вода - общераспространенный природный ресурс. Даже в наименее обеспеченных пресной водой регионах, как правило, имеются поверхностные водные источники и месторождения подземных вод, подчас с немалыми запасами. Так, в Центральной Азии расходуется около 60 км³ в год, это весьма значительная величина, но при этом Центрально-Азиатский регион - один из наиболее вододефицитных и по удельным показателям водообеспеченности очень уступает, например, Западной Сибири. В самых "сухих" пустынях, где нет ни поверхностных, ни подземных вод, научились собирать по ночам конденсат водяного пара. Наконец, морские и сильно минерализованные подземные воды могут быть опреснены - проблема в высоких затратах, которые неизбежны при любой современной технологии опреснения. Таким образом, в любом регионе потребность в пресной воде хотя бы частично, в скромных размерах может быть удовлетворена за счет местных источников. Дефицит воды относителен, и всегда имеется альтернатива расширению водопользования (особенно с учетом отмеченной выше высокой транспортности): приспособление хозяйства путем перестройки его структуры и совершенствования технологий к имеющимся возможностям водообеспечения.

Наконец, вспомним всем известную истину: вода незаменима в ряде областей человеческой жизнедеятельности, к которым, в частности, относятся сельское и коммунальное хозяйства. При этом сельскохозяйственная продукция транспортабельна, а коммунально-бытовые услуги - нет. Именно это обуславливает существование минимума, ниже которого не может снижаться водообеспеченность населенного пункта. Такой минимум определяется численностью населения и соответствующей нормой для индивида (она может зависеть от климатических, социокультурных, а также профессиональных и прочих факторов). Если же водообеспеченность опускается ниже критического уровня, начинается стихийный или регулируемый процесс миграции в поисках воды либо предпринимаются попытки решения проблемы военными средствами.

1.9. ДЕФИЦИТ ПРЕСНОЙ ВОДЫ - ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Таким образом, водный дефицит в одном регионе ставит проблемы для соседних регионов, оказывается для них внешним фактором, от которого зависит их собственная устойчивость. С этим связано еще одно обстоятельство, приводящее к глобальной постановке проблемы дефицита пресной воды. Речь идет об очевидной неспособности вододефицитных развивающихся стран самостоятельно, собственными силами справиться с этой проблемой [см., например: Африка..., 2001]. С одной стороны, в таких странах (имеются в виду и государство, и структуры национального бизнеса, и население вместе взятые) просто не будет средств на приобретение минимально необходимого количества воды при тех ценах, которые неотвратимо сложились бы на "свободном" рынке. Естественно, надо принимать во внимание цены не только на воду, но и на те продукты, что производятся на экспорт в таких странах и обеспечивают им валютные поступления. Под "свободным" рынком в данном случае имеется в виду такой, где нет дотаций, субвенций и пр., где каждый платит за себя в пределах своих бюджетных ограничений и выполнены основные предположения "совершенной" конкуренции. Впрочем, специально интересоваться конкурентными факторами для обоснования сформулированного тезиса нет необходимости, так как монополия покупателя воды применительно к развивающимся странам невозможна, а монополия продавца еще более усугубила бы их проблемы.

Инерция движения развивающихся стран такова, что "задел" для дальнейшего обострения дефицита воды во многих из них сформирован на два-три десятилетия. Здесь взаимно усиливают друг друга звенья контура, схематически представленного на рис. 1.4.12. Истощение водных ресурсов, ухудшение качества воды и рост ее дефицита мало влияют на рост населения, но крайне негативно сказываются на экономическом росте и благосостоянии. В итоге возможности решения проблемы водного дефицита уменьшаются, а рост населения продолжается, желание повысить уровень жизни усиливается, в том числе и под влиянием все большей информированности о благосостоянии в развитых странах. Рыночные стимулы, однако, толкают к решениям, дающим краткосрочные и в лучшем случае среднесрочные результаты, способы достижения которых (неизбежно антиэкологичные, пока экологические факторы в существенной мере остаются экстерналиями) лишь обостряют проблему в долгосрочном аспекте.

Недостаток пресной воды и бедность тесно коррелируют, водный дефицит нарастает вместе с нищетой и голодом, а следовательно, вносит вклад в возникновение и усиление угроз локальных войн (со всеми вероятными осложнениями в более широких масштабах) и терроризма (в том числе и глобального). Не менее серьезной может быть угроза, обусловленная антисанитарией, неизбежно сопровождающей острый дефицит воды в коммунальном хозяйстве, - она становится причиной возникновения очагов инфекционных болезней и порождаемых ими эпидемий. Помогая развивающимся странам решить проблему обеспеченности пресной водой, развитые государства будут охранять себя от этих угроз, и превентивные меры, как всегда, в конечном счете обойдутся гораздо дешевле, чем борьба с последствиями. Однако помощь - нерыночная форма взаимодействия, хотя методы ее реализации не исключают рыночных элементов, а среди результатов могут быть и рыночные эффекты.

Приведенные элементарные экономические и экологические соображения, учитывающие особенности воды как товара, показывают, что решение проблемы водного дефицита возможно только при развитии интенсивных форм водопользования. Следовательно, необходимы технологии, позволяющие максимально эффективно расходовать воду во всех областях ее применения. Эти технологии базируются на автоматизации производственных процессов и управления ими, средствах регулирования, использовании контрольно-измерительной аппаратуры и разнообразных химических продуктов (сорбентов, коагулянтов, флокулянтов и пр. - для водоочистки и водоподготовки, полимерных материалов - для систем подземного капельного орошения и т.д.), применении биологических методов; кроме того, необходим технологически и экономически грамотный менеджмент.

Удовлетворить потребность в таких технологиях за счет собственного производства развивающиеся страны в предвидимом будущем не смогут. Очевидно, что помощь им со стороны развитых государств будет оказываться поставками не воды, а во-первых, водосберегающих, очистных и прочих технологий, ориентированных на повышение эффективности использования той воды, которая имеется у этих стран, и обеспечивающих сохранность источников водоснабжения, воспроизводство пресной воды в естественных экосистемах, и, во-вторых, водоемкой продукции различных отраслей, что позволит сократить собственные водоемкие производства (или не развивать их). Это полностью соответствует важнейшему направлению технического развития - везде, где возможно, замещать вещество информа-

цией, перевозку вещества - передачей информации, сокращать удельные затраты ресурсов на производство и повышать эффективность использования ресурсов [Данилов-Данильян, 2001].

Только для питьевых целей вода, как отмечалось выше, будет достаточно широко транспортироваться, причем в возрастающих объемах. Однако и здесь надежды тех, кто предполагает возить особо качественную воду из чистых природных источников в больших количествах за тридевять земель, не оправдаются: бутилированную питьевую воду нормативного качества проще и гораздо дешевле производить на месте, используя современные средства водоподготовки, которые дают хорошие результаты даже для вод, квалифицируемых как умеренно загрязненные.

Рассуждая о возможных перспективах становления международного рынка воды (а пока такого рынка нет, за исключением все того же рынка бутилированной воды), обычно сравнивают его с нынешним рынком нефти. На наш взгляд, это модное сравнение неправомерно. Не только реальные, но и прогнозируемые масштабы возможного водопотребления показывают, что в предвидимом будущем цена воды, используемой для промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых нужд, за исключением питьевого водоснабжения, останется далекой от цены нефти. Когда указывают, что литр бутилированной питьевой воды стоит уже почти столько же, сколько литр бензина, пренебрегают тем, что бензин, с одной стороны, не продается в бутылках (для стандартного потребления), а с другой - не потребляется кубокилометрами. Подобный уровень цен несовместим с объемами потребления воды в промышленности, к примеру, в тепло- электроэнергетике или производстве полимеров. Отмеченная ранее высокая транспортная емкость воды, естественно, имеет не некий абсолютный, а относительный характер в ценовых измерителях. Однако транспортные тарифы демонстрируют устойчивую тенденцию роста в силу объективных и весьма долговременных экономических причин, поэтому высокую транспортную емкость воды можно считать непреходящим фактором.

Международный рынок воды не заменит рынок нефти и не будет подобен ему, он не станет значимым сектором мирового рынка. Тем более важным окажется сектор водосберегающих, водозаэффективных и водоохраных технологий - уже потому, что, в отличие от рынка воды, он выгоден для тех, кто делает погоду на мировом рынке. Для понимания перспектив рынка воды надо рассматривать не современный рынок нефти, а тенденции развития этого рынка, перспективы энергетического рынка в целом.

На этом рынке энергоносители все больше замещаются, во-первых, энергосберегающим оборудованием и, во-вторых, оборудованием для использования возобновляемых источников энергии, прежде всего ветровой и солнечной (именно ветряки в последнее десятилетие - самый быстрорастущий сектор на рынке технологий). Беспрецедентная скорость роста нефтяного рынка в первые три четверти XX в. стала возможной только благодаря тем особенностям нефти, которыми вода отнюдь не обладает. В случае с водой история рынка нефти не повторится, надежды на такое повторение похожи на попытки, предпринимавшиеся в середине XIX в., изобрести летательный аппарат с машущими крыльями (предполагалось назвать его махолетом), приводимыми в действие паровым двигателем, как у паровоза или парохода.

Ориентация на продажу воды в огромных количествах, десятками кубокилометров в год, поставляемыми по каналам тысячекилометровых протяженностей, повлечет тяжелые последствия для тех стран, которые попытаются пойти по такому пути. Они станут сырьевыми придатками других государств, причем отнюдь не богатых, технологически не передовых. Если для развивающихся и при этом достаточно многочисленных производителей случай с нефтью и иным традиционным сырьем выглядит ловушкой с драматическими последствиями, то ситуация с водой воспринимается как трагифарс. Поставщик этих кубокилометров будет ревниво следить за развитием технологий интенсивного водопользования, поскольку довольно быстро поймет, что это угрожает его бизнесу: каждый шаг в таких технологиях создает стимулы для отказа от покупок его товара. И, конечно же, конкуренты - не те, которые продают такую же воду, а те, кто продает технологии, - постараются сделать торговлю водой занятием предельно неустойчивым, максимально зависящим от их товаров - для продавца воды это внешний фактор, а для производителя технологий - контролируемый.

Межбассейновые переброски требуют гигантских затрат неквалифицированного труда, использования огромного количества техники, которую никак нельзя считать технически передовой. Конечно, современные экскаваторы - уже не те, что использовались при строительстве, например, канала Волга - Дон, но дело в том, что научно-технический прогресс определяется вовсе не экскаваторами. И чем больше страна использует экскаваторов, тем меньше остается у нее возможностей для научно-технического развития, для вложений в человеческий капитал, для того чтобы занять достойное место в системе международного разделения труда.

Отметим важнейшее отличие перехода к интенсивному водопотреблению от расширения количества используемой воды посредством "каналостроительного" перераспределения речного стока. Оно состоит в возможности быстрого получения эффекта в малых или средних масштабах и соответственно такого управления процессом перехода, при котором экономические результаты, полученные на ранних стадиях, используются для финансирования последующих. Подземное капельное орошение не обязательно внедрять сразу на всех орошаемых площадях, обратное водоснабжение - на всех предприятиях, а средства водосбережения в жилищно-коммунальном секторе - во всех городах, поселках, районах и домах. Инвестиционные средства всегда ограничены, и масштаб внедрения новых технологий на каждом этапе, естественно, следует выбирать соответственно наличию этих средств. Экстенсивный путь таких возможностей выбора не дает: чтобы получить первый результат, канал надо довести хотя бы до первого потребителя воды, и средства, необходимые для этого, как бы неделимы - "полканала" не принесут эффекта, хотя бы сопоставимого с затратами. И, в отличие от технологий водосбережения, минимальный начальный шаг в каналостроении, дающий результат, требует многомиллиардных инвестиций и нескольких пятилеток строительства.

Отмеченная особенность перехода к интенсивному водопользованию весьма удобна не только экономически. Поставщику технологий она дает отличную возможность сформировать зависимость их получателя от поставок (метод, чрезвычайно широко применяемый развитыми странами и транснациональными корпорациями). Первое "впрыскивание" производится за счет поставщика, это не просто рекламно-демонстрационная акция, поскольку приносит и неплохие политические дивиденды: богатая страна "бескорыстно" помогает развивающейся справиться с проблемой дефицита пресной воды, не говоря о том, что главная причина донорства - обеспечение безопасности. А дальше срабатывает демонстрационный эффект, масштаб использования новых технологий начинает расти уже за счет займов и собственных средств, при этом выясняется, что ремонт, запчасти, менеджмент и прочее не воспроизводятся в стране-реципиенте, и все это стоит весьма немалых денег. Два-три шага - и зависимость от поставок становится не просто экономическим, но политическим фактором. Может быть, выбран неправильный путь? Внедрение технологий эффективного использования и сбережения воды безусловно правильное направление, а как строить взаимодействие с поставщиками технологий - это другой вопрос. Было бы лице-

мерием говорить, что каждая развивающаяся страна, страдающая от дефицита пресной воды, может решить эту проблему, не попадая в сильную зависимость от тех, кто будет поставлять ей необходимые технологии.

1.10. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ: ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Нет сомнений в том, что проблема дефицита пресной воды становится весьма существенным фактором мировой политики. Обеспечение международной безопасности потребует самого серьезного отношения к ней, а открывающиеся для носителей передовых технологий экономические перспективы, подогреваемые сопутствующими политическими возможностями, обусловят интерес к ней структур бизнеса. Проблемы пресной воды станут сюжетом глобальных политических и экономических игр. Непродуманные решения в такой ситуации - верный путь в ловушку. Но уже сейчас существуют политические проблемы, связанные с использованием воды, обусловленные принадлежностью многих водных объектов одновременно разным странам.

Высокие гидрологические показатели водообеспеченности на душу населения на самом деле не всегда отражают реальную экономическую картину, так как освоение, казалось бы, доступных ресурсов может оказаться экономически нецелесообразным в силу неэффективности или даже практически невозможным в силу каких-либо политических, социальных, экологических и иных причин. Специфическая ситуация возникает с так называемыми международными водами, когда в бассейне одной и той же реки расположено несколько государств или река протекает по границе между двумя государствами. Страны, расположенные ниже по течению, могут столкнуться с нехваткой воды или даже лишиться ее из-за регулирования стока в верхнем течении. Примеров таких рек много. Среди крупных рек мира это, в частности, Нил и Конго в Африке, Колорадо и Ла-Плата в Америке, Ганг и Амур - в Азии, Дунай и Рейн - в Европе. Водосборные бассейны трансграничных и пограничных рек занимают 45,3% территории суши (без Антарктиды).

Трансграничные и пограничные реки

В мире не менее 261 речных водосборов, занимающих 45,3% суши (без Антарктиды), являются международными. 71 подобная река находится в Европе, 53 - Азии, 39 - Северной и Центральной Америке, 38- Южной Америке и 60 -в Африке. 155 из них

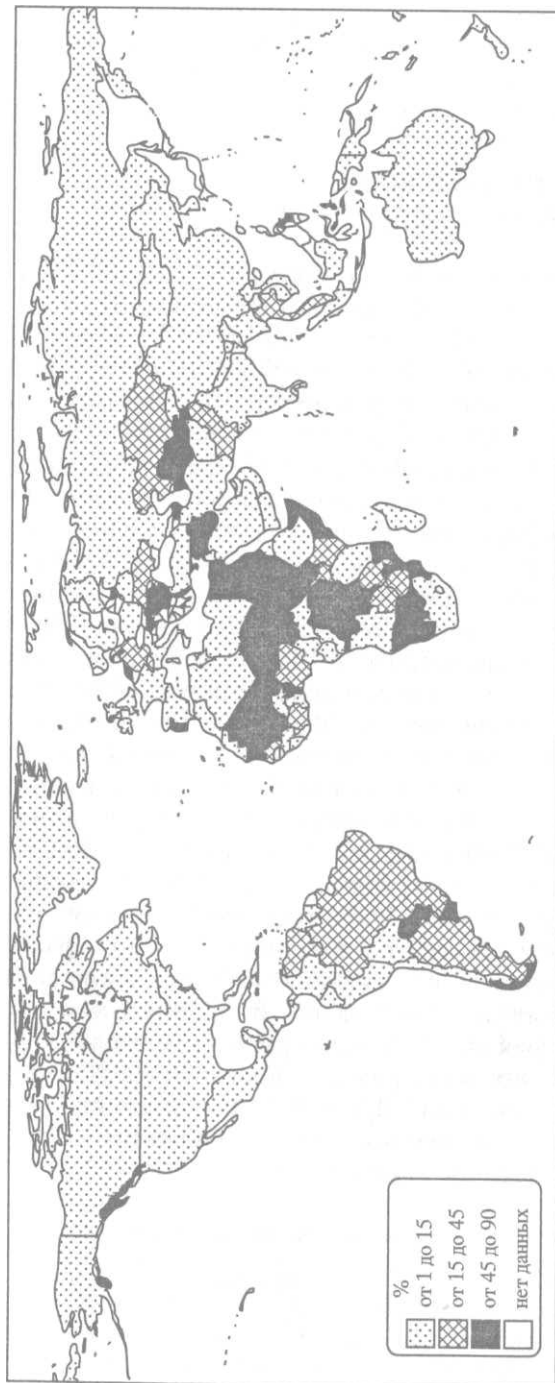


Рис. 1.10.1. Доля трансграничного стока в водных ресурсах стран, %

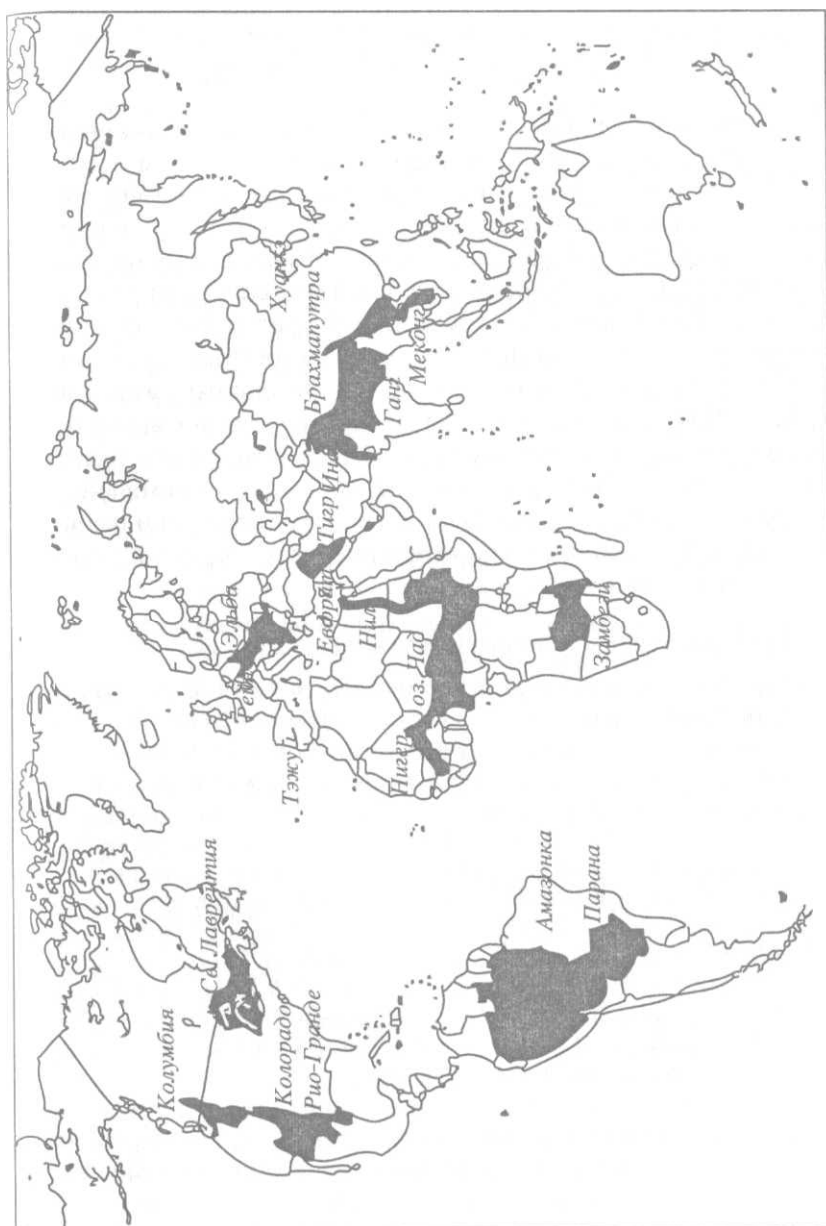


Рис. 1.10.2. Международные реки (без стран СНГ) [Максаковский, 2003]
 Черным отмечены бассейны трансграничных рек

распределены между двумя странами, а остальные - между тремя и более странами. Примерно 50 стран имеют не менее 75% своей территории в пределах международных речных бассейнов. На водосборах международных рек проживает более 40% населения мира [Global environment..., 2002; The world environment..., 1992]

Ситуацию с международными водами или трансграничным стоком в мире характеризуют карты на рис. 1.10.1 и 1.10.2. Проблем с их использованием не возникает при изобилии других водоисточников, но если такие реки служат основными водными ресурсами для стран, расположенных в их бассейне, то экономические противоречия и политические конфликты практически неизбежны. За последние 50 лет зафиксировано 507 споров из-за воды, из них 37 привели к острым конфликтам, в том числе 21 сопровождался военными акциями [Liebscher, 2004]. Такие конфликты имеют давнюю историю, так как вода всегда служила инструментом давления при разрешении не только обусловленных водными проблемами, но и иных коллизий. Доступ к воде был источником споров и разногласий как при попытках гидротехнического строительства, так и при загрязнении вод.

Конфликты при распределении международных вод

Еще 4500 лет назад в Месопотамии велась война за водоисточники между государствами-городами Лагаш и Умма. Похожая напряженная обстановка в этом регионе отмечается и сейчас: в январе 1990 г. Турция, где находятся верховья рек Тигр и Евфрат и зона формирования стока этих рек, на месяц остановила сток реки Евфрат в Сирию и Ирак для заполнения водохранилища Ататюрк. Кроме этой плотины в Турции имеется проект строительства еще 22 плотин для орошения и получения энергии общей стоимостью 32 млрд долларов, что может снизить сток в Сирию в средний по водности год на 35%, а в маловодный - намного больше. В настоящее время Турция и Сирия имеют только временное соглашение о распределении воды р. Евфрат, а с Ираком серьезных переговоров не проводилось [Gleick, 2003; Postel, 2003].

В более выгодном положении оказываются страны, расположенные выше по течению рек, так как у них имеются возможности диктовать свои условия в вопросах использования воды тем, кто расположен ниже и которые, таким образом, находятся в зависимости от соседа. Например, Израиль получает значительную часть воды с сопредельных территорий (0,5 км³ в год), Узбе-

кистан - более 65%, в Бангладеш почти вся вода поступает с территории Индии, а в Египет - из стран выше по течению р. Нил. Хорошо известны конфликты за воду, например, на Ближнем Востоке, между Индией и Бангладеш, а сейчас и странами Нильского бассейна. Возможность вооруженных конфликтов за водные ресурсы в недалеком будущем представляется вполне вероятной.

За последние 50 лет зафиксировано 1228 совместных инициатив по использованию трансграничных водотоков и международных озер, в том числе подписано 150 соглашений об использовании вод, которые делают международные отношения в области управления водными ресурсами более устойчивыми. Совместно используемые воды могут быть предметом сотрудничества между странами. Так, еще в 1950-е годы страны, расположенные в водосборе р. Рейн, создали многостороннюю комиссию для решения различных проблем, в особенности связанных с окружающей средой. Другой пример - это совместные усилия США и Канады по очистке Великих озер. В Европе существуют региональные конвенции по охране Северного, Балтийского и Средиземного морей. В период войны во Вьетнаме, а также и при других конфликтах Камбоджа, Лаос, Таиланд и Вьетнам заключили при поддержке Организации Объединенных Наций соглашение о водопользовании в водосборе р. Меконг. Комиссия по реке Инд, учрежденная Индией и Пакистаном при поддержке Всемирного банка, пережила две войны между этими странами. В 1999 г. создан специализированный орган по бассейну Нила, где проживает 160 млн человек и расположено 10 государств, для обеспечения равноправного пользования водой и поддержки экономического развития этого региона.

В 1997 г. ООН рассмотрела конвенцию о международных водах, в которой содержится два ключевых принципа их распределения: один - справедливое и разумное использование и второй - обязательство не причинять значительного ущерба. Против конвенции проголосовали Турция, Китай и Бурунди [Postel, 2003]. Несмотря на заключение многочисленных соглашений по использованию международных вод, еще не решены важнейшие конкретные вопросы: механизмы и стандарты контроля при осуществлении положений соглашений, условия распределения водных ресурсов с учетом имеющихся ресурсов и спроса.

В № 2 журнала "The Geographical Journal" за 2002 г. опубликована подборка статей, посвященная анализу водных конфликтов и совместных проектов на р. Инд [Alam, 2002], в дель-

те Ганга - Брахмапутры [Brichieri-Colomb, Bradnock, 2002], на Ближнем Востоке [Amery, 2002; Haddadin, 2002], на р. Меконг [Jacobs, 2002] и в других регионах мира [Giordano, Wolf, 2002; Uitto, Duda, 2002].

Наконец, напомним эпиграф к этой книге: "Забудьте о нефти. Справедливое распределение пресной воды ставит такую же взрывную и далеко идущую политическую головоломку, как и глобальное изменение климата". Эти слова Сандра Постель - автор ряда книг о воде и руководитель проекта Global Water Policy Project в Амхерсте, штат Массачусетс, США - написала в подзаголовке своей рецензии на две новые книги о водных проблемах [Postel, 2003].

1.11. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ: СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Вода - важнейший социальный фактор. Прежде всего водные объекты обеспечивают население питьевой водой. В мире пока еще не существует страны, где все 100% населения гарантированно обеспечены безопасной питьевой водой. Этого, по-видимому, достигнуть невозможно, так как любые технические системы снабжения питьевой водой обязательно дают сбои, и нет таких систем очистки, которые бы полностью очищали воду от опасных агентов загрязнения. Обычно очистка осуществляется в рамках определенных требований и нормативов, которые различаются от страны к стране.

Карта на рис. 1.11.1 показывает, что значительная часть населения мира еще не имеет доступа к безопасной питьевой воде, хотя за последние десятилетия XX в., особенно в связи с Десятилетием снабжения питьевой водой и канализацией, закончившимся в 1990 г., были затрачены значительные усилия по обеспечению питьевой водой населения мира, особенно населения развивающихся стран. Тем не менее все еще оставалось 1,2 млрд человек, не имевших доступа к безопасной питьевой воде. Для тех же 1,3 млрд человек, которые в конце XX в. получили доступ к питьевой воде, во многих случаях оказалось, что это означало необходимость затрат от 5 до 30 минут, чтобы достичь источника питьевой воды и использовать для различных нужд в течение суток от 20 до 50 л воды, в то время когда в развитых странах на душу населения используется от 200 до 800 л в сутки [Gadgil, 1998].

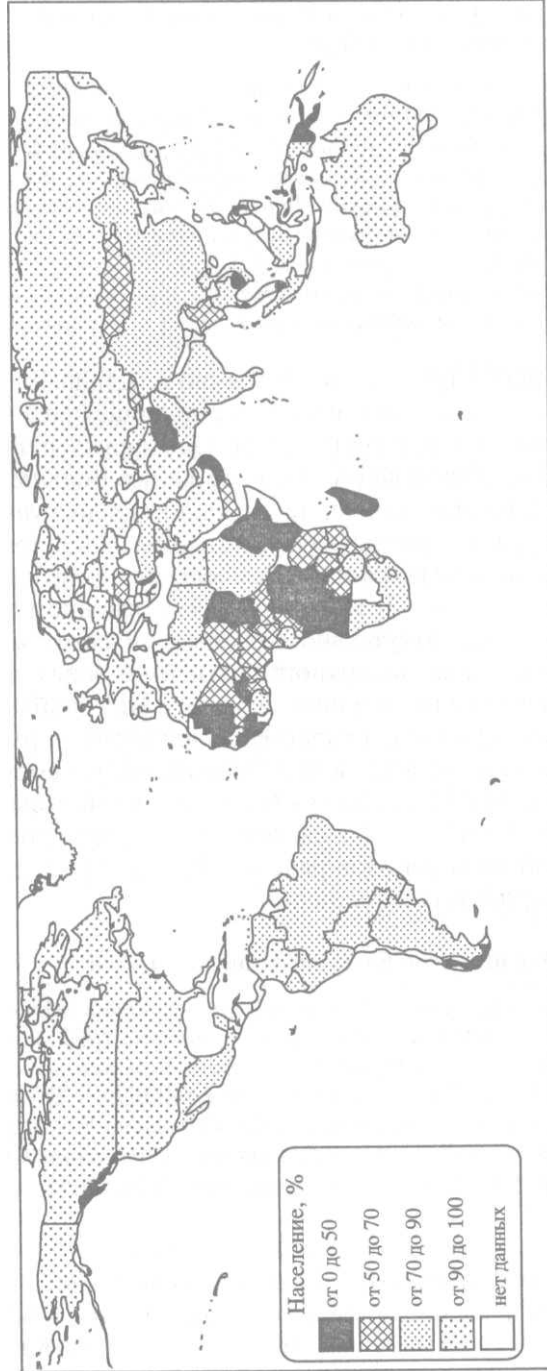


Рис. 1.1.1.1. Население, имеющее доступ к безопасному водоснабжению, %, 2000 г.

Обеспеченность питьевой водой и канализацией в развивающихся странах

До настоящего времени в развивающихся странах и ряде стран с переходной экономикой около 1,2 млрд человек не обеспечиваются качественной питьевой водой и до 2,4 млрд - канализацией. Это порождает проблему здоровья людей. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) подсчитала, что ежегодно около 5 млн человек умирает в результате потребления загрязненной воды и плохих гигиенических условий, в связи с чем ВОЗ составила специальное руководство с требованиями к качеству питьевой воды, опубликованное в 1993 г. [Helmer, 1997].

Другой важной проблемой, особенно в развивающихся странах, является обеспечение населения канализацией - отводом бытовых сточных вод с территории населенных пунктов. Если достаточно безопасной водой снабжается все больше населения планеты и количество людей, не получающих доступа к ней, сокращается, то численность населения, не обеспеченного системами канализации, быстро растет. За последнее десятилетие XX в. оно выросло с 2,60 до 3,31 млрд человек, в основном за счет развивающихся стран. Отсутствие канализации ведет к росту фекального загрязнения поверхностных и подземных вод, снижению качества воды в источниках питьевого водоснабжения, нарушению элементарных санитарно-гигиенических норм и тем самым вносит основной вклад в те 5 млн ежегодных смертей, которые связаны с недостаточным обеспечением питьевой водой и канализацией. В табл. 1.11.1 систематизированно представлены основные проблемы городов развивающихся стран, связанные с водой, и альтернативы их решения.

Значение питьевой воды для здоровья людей

Бывший директор Всемирной организации здравоохранения Х. Малер отметил, что "число кранов на 1000 жителей - лучший показатель здоровья, чем число больничных коек". Число смертей детей в возрасте до 5 лет от диареи, связанной с бактериальным загрязнением воды, составляет в мире 400 каждый час [Gadgil, 1998]. Наибольшее число заболеваний во многих странах связано с недостатком и загрязненностью питьевой воды.

Наибольший недостаток питьевой воды и систем канализации испытывают развивающиеся страны, а в них - беднейшее население как сельских районов, так и городов. Карта на рис. 1.4.1 показывает небольшую величину водозабора, приходящегося на

Таблица 1.11.1. Водные проблемы городов развивающихся стран и альтернативы для их решения [по: Tucci, 2001]

	Альтернативы	Проблемы
Ресурсы	Поверхностный сток Подземные воды	Загрязнение сельскохозяйственными, коммунальными и промышленными стоками
Водоснабжение	Предприятия по подготовке воды и водопроводная сеть Водоснабжение из колодцев с некоторой предварительной подготовкой	Значительные капитальные и эксплуатационные затраты, потери воды из-за утечек Опасность использования загрязненной воды для питьевого водоснабжения
Канализация	Канализационная сеть и базовые очистные станции Кооперативная очистка и сброс в поверхностные водные объекты Канализационная сеть и подземная закачка без очистки	Значительные капитальные и эксплуатационные затраты Загрязнение поверхностных источников Загрязнение подземных вод
Ливневая канализация	Локальные отводы Комбинированные отводы Отсутствие отвода ливневого стока	Переполнение локальной сети Сброс части сточных вод в ливневую канализацию Утрата контроля за ливневым стоком при росте города
Опасность наводнений	Структурные меры Неструктурные меры	Организация освоения поймы при расширении города Законодательство, регулирующее освоение поймы

душу населения, а на рис. 1.4.2 - незначительную долю потребления воды в быту в развивающихся странах. Вместе с картой рис. 1.11.1 они убедительно свидетельствуют о том, что бедность и низкий уровень обеспечения питьевой водой и канализацией тесно взаимосвязаны.

Решению проблем обеспечения питьевой водой и канализацией в развивающихся странах пытаются помогать развитые страны-доноры и международные организации. Однако в конце 1990-х годов эта помощь стала снижаться. Если в 1996-1998 гг. от стран-доноров, а это в основном западноевропейские страны,

США, Канада, Япония и Австралия, развивающиеся страны получили 2906 млн долл., то в 1999-2001 - только 2368 млн долл. А с учетом другого источника помощи - международных организаций развивающимся странам было выделено соответственно 3482 и 3098 млн долл.

В социальном и медицинском аспектах важны не только обеспеченность и количество питьевой воды, но и ее качество. Бактериологическое и химическое загрязнение воды ведет к возникновению заболеваний. Загрязнение водных объектов - источников питьевого водоснабжения ведет к росту риска заражения через питьевую воду. Там, где вода сильно загрязнена, чаще возникают кишечные заболевания (диареи). С загрязнением питьевой воды фекалиями связаны дизентерия, брюшной тиф, холера, гепатит А. Ежегодно в мире отмечаются сотни тысяч случаев этих заболеваний.

Стандартные системы очистки воды с использованием дезинфицирующих питьевую воду веществ не предотвращают заболеваний лямблиозом и криптоспориозом, поскольку цисты лямблий и ооцисты криптоспоридий более стойки, чем бактерии и вирусы. Вспышки этих заболеваний отмечены в США, Великобритании, Канаде, странах Азии и Африки [Ревич, 2001].

Источником заражения гельминтозом служат яйца гельминтов. Так, в России они обнаруживаются в 1,1-1,4% проб воды.

Химические вещества, присутствующие в воде, можно разделить на три группы [Ревич, 2001]. Первая группа - жизненно необходимые элементы, которых недостает в питьевой воде или, наоборот, содержание которых избыточно по сравнению с нормой, необходимой человеку. Это фтор, железо, йод, марганец, стронций, сульфаты и хлориды. Их недостаток часто связан с природными факторами, а избыток - с загрязнением воды. Отклонение концентрации этих элементов и веществ от нормы вызывает определенные негативные последствия для здоровья от кариеса зубов (недостаток фтора) до сердечно-сосудистых заболеваний (высокое содержание хлоридов). Недостаток веществ лишь частично можно компенсировать лекарственными препаратами или добавкой в продукты, например йодированием пищевой соли.

Вторая группа веществ - канцерогены, в том числе асбест, кадмий, мышьяк, хром, хлорорганические соединения. В воде нормируется содержание почти 100 таких веществ. Большая часть этих веществ в питьевой воде не определяется. Часть из них образуется в питьевой воде при хлорировании, когда активный свободный хлор соединяется с органическим веществом и образует спектр хлорорганических соединений, в котором 80% приходится на долю хлороформа. Практически все люди, по-

требляющие хлорированную питьевую воду, подвержены воздействию хлорорганических соединений. Гигиенический норматив хлороформа составляет 0,2 мг/л, а его содержание в питьевой воде может быть значительно выше [Ревич, 2001].

Третья группа веществ - наиболее распространенные поллютанты, такие, как нитраты и нитриты, фенол, нефтепродукты, пестициды и тяжелые металлы. Они вызывают разнообразные заболевания практически всех систем и органов человеческого организма - от желудочно-кишечного тракта и верхних дыхательных путей до иммунной, нервной и репродуктивной систем.

Социальные издержки микробного загрязнения питьевой воды, а также заболеваний, связанных с водой и недостатком воды не только для питьевых, но и гигиенических целей, очень велики: в 2000 г. эти факторы стали причиной смерти 2,213 млн людей, а свыше 2 млрд заразились шистосоматозом и гельминтами [Вода для людей..., 2003]. Что касается оценок социальных издержек от химического загрязнения питьевой воды, то для глобального уровня они отсутствуют.

Важная социально-экономическая проблема, связанная с водой, обуславливается не только ее недостатком, но и избытком в отдельные относительно короткие периоды, когда в результате сильных дождей, интенсивного снеготаяния, ледяных заторов, прорывов озер или водохранилищ, аварий на гидротехнических сооружениях возникают паводки, половодья и селевые потоки, сопровождающиеся затоплением или подтоплением городов и населенных пунктов. Наводнения считаются наиболее опасным и частым стихийным бедствием, в мире они составляют 32% от общего числа опасных явлений. Вслед за ними идут тропические циклоны - 30% и землетрясения - 22%. Однако следует учитывать то, что тропические циклоны (ураганы, тайфуны) практически всегда сопровождаются наводнениями.

Люди, как правило, живут на берегах рек, хотя известна такая расхожая истина, что треть населения мира живет на берегах морей; на самом деле обычно в устьях на берегах рек, впадающих в море. Это связано с большими потребностями человечества в воде, о которых говорилось выше. Заселение речных долин обычно сопровождается освоением поймы, канализированием речных потоков, строительством плотин, защитных дамб, порогов в русле, укреплением берегов и т.д. Еще в IX в. до нашей эры ассирийский царь Хаммурапи повелел выбить на камне слова о том, что он заставил течь реки по его воле для орошения ранее бесплодных и незаселенных земель. Несколько позже в низовьях

р. Хуанхэ стали строить защитные дамбы от наводнений и отводить воду для орошения полей. В XIII в. в Нидерландах были созданы первые паводкозащитные дамбы. Но Ассирия с ее гидротехническими сооружениями канула в Лету, а на р. Хуанхэ и в устье Рейна и Мааса в Нидерландах в XX в. не раз случались опасные и катастрофические наводнения.

Жизнь на берегах рек создает "опасные" удобства: с одной стороны, близость водоисточника, а с другой стороны, всегда возможная перспектива наводнения. При этом канализирование русла, застройка поймы, сельскохозяйственное освоение площади водосбора, которое обычно сопровождается вырубкой лесов, ведут к изменению условий формирования стока во время сильных дождей или интенсивного снеготаяния и существенно изменяют условия движения поверхностного стока и волны паводка по руслу и пойме, где она оказывается стесненной различными сооружениями и порогами в русле, в результате чего существенно возрастает максимальный уровень паводка и, следовательно, площадь затопления. Примерами этого служат наводнения в Восточной и Центральной Европе в 1997 и 2002 гг. Огромный ущерб и жертвы в этих случаях были связаны не столько с естественными причинами, сколько с бездумной экспансией людей на опасные территории и разрушением естественных лесных и других экосистем в водосборах рек.

В отличие от нехватки воды, которая характерна для аридных и полуаридных регионов, избыток воды, приводящий к наводнениям, характерен для всех без исключения районов мира, включая аридные и полуаридные.

При наводнениях и засухах в развивающихся странах страдает обычно наиболее бедная часть населения. Системы защиты от паводков и засух в виде строительства плотин и водохранилищ также приводят к неблагоприятным социальным последствиям, так как требуют переселения значительной части населения из зон затопления водохранилища и зон подтопления. В XX в. десятки миллионов людей были перемещены из их домов в новые места. Последний пример - это переселение миллиона человек из зоны затопления крупнейшего водохранилища Трех Ущелий на р. Янцзы в Китае.

Причины роста потерь от наводнений

Оценки, проведенные в США, показали, что за период с 1932 по 1997 г. рост потерь от наводнений составил от 1 млрд долл. в 1940-х годах до 5 млрд - в 1990-х. Анализ причин роста потерь привел к выводу о том, что 43% их связано с увеличением числен-

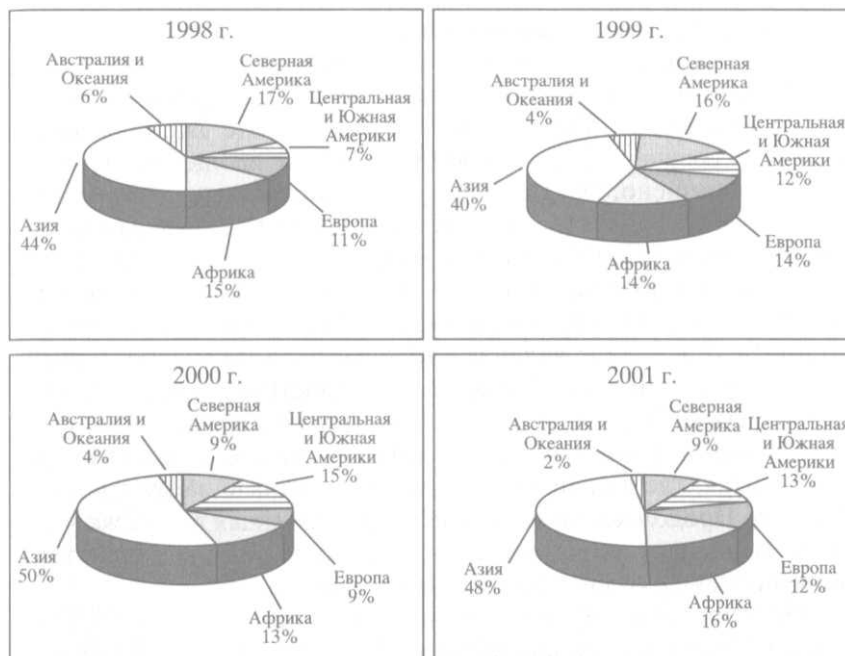


Рис. 1.11.2. Распределение наводнений 1998-2001 гг. по континентам [Авакян, Истомина, 2003]

ности и плотности населения в зонах, подверженных затоплениям, а оставшиеся 57%, в основном, обусловлены ростом благосостояния населения и в меньшей степени ростом осадков [Anatta, 2001].

В последние десятилетия XX и в начале XXI в. наблюдается рост числа катастрофических наводнений и объема причиняемого ими ущерба. Общая площадь затопляемых земель в мире насчитывает порядка 3 млн км², на которых проживает до 1 млрд человек. Анализ данных о наводнениях [Авакян, Истомина, 2003] за 1998-2002 гг. показал, что за этот период от наводнений пострадало 128 стран, погибло 48,5 тыс. человек, из районов затопления было эвакуировано 129 млн жителей, а общий ущерб составил не менее 125 млрд долл. Данные о числе катастрофических наводнений за 1998-2002 гг. приведены на рис. 1.11.2, причиной 92% из них были дожди, остальные вызваны снеготаянием, разрушением гидротехнических сооружений, ледовыми заторами и ветровыми нагонами. Из разрушительных наводнений 72% имели продолжительность от 1 до 7 дней, 14% - до 14 дней,

еще 14% - до двух недель и 5% - свыше месяца. Общие сведения о наводнениях за тот же период содержатся в табл. 1.11.2.

Роль воды как социально-экономического фактора непрерывно возрастает. Мировая потребность в воде уже превышает половину среднегодового стока рек, а подавляющее большинство рек загрязнено. 18 из 21 городов мира с населением 10 млн человек и более удовлетворяет свои потребности в воде за счет водоисточников, расположенных на большом расстоянии, или за счет откачки подземных вод. В последнем случае наблюдается оседание земной поверхности. Так, в г. Мехико оседание составило почти 10 м. Такое явление наблюдается в Джакарте, Бангкоке, Хьюстоне, Шанхае. На огромных пространствах Запада Соединенных Штатов идет понижение уровня подземных вод, интенсивно используемых для орошения, то же наблюдается на востоке Китая, где также срабатываются вековые запасы подземных вод. Продолжение такой откачки подземных вод может привести к подрыву производства продовольствия со всеми вытекающими отсюда социальными последствиями.

Преодоление дефицита воды - это проблема интенсификации водопользования, водосбережения и охраны вод. Ключевые факторы, которые при этом необходимо принимать во внимание, имеют долгосрочный и сверхдолгосрочный характер. Тем не менее переход к стратегии интенсификации водопользования во всем мире должен произойти достаточно быстро, поскольку промедление неизбежно вызовет тяжелейшие локальные и региональные кризисы, угрожающие перерасти в глобальный. Для решения этой проблемы механизм рыночного регулирования недостаточен: рынок эффективно использует то, что обеспечено денежной оценкой, участвующей в формировании рыночных цен, и настолько эффективно с позиций общества, насколько правильно отражает эта оценка общественные интересы. Но долгосрочные и сверхдолгосрочные факторы, связанные с безопасностью, экологией, социальными проблемами, непосредственно не оцениваются в денежном выражении, не отражаются в целях, преследуемых субъектами рыночных взаимодействий. Все подобные факторы сопряжены с внешними эффектами, и их учет рыночным механизмом требует интернализации этих эффектов, включения в рыночную систему через формирование денежных оценок. Такие оценки могут быть априорными по отношению к рыночным взаимодействиям (прямые налоги, фиксированные платежи в бюджет и пр.) или вырабатываться самим рынком, но с учетом априорно установленных параметров (косвенные нало-

Таблица 1.11.2. Основные данные о наводнениях за 1998-2001 гг.
[Авакян, Истомина, 2003]

Континент	Наводнения		Жертвы		Число временно эвакуированных		Ущерб	
	Число	%	Человек	%	Тыс. человек	%	\$ млн	%
1998 г.								
Северная Америка	32	17	578	3,9	469	1,2	6783	16,5
Центральная и Южная Америка	13	7	1153	7,7	1049	267	3271	8,0
Европа	20	11	285	1,9	180	0,5	1497	3,6
Азия	83	44	10 141	67,7	35 493	91,5	29 254	71,4
Африка	27	15	2817	18,8	1593	4,1	85	0,2
Австралия и Океания	11	6	5	<0,1	9	<0,1	103	0,3
<i>Итого:</i>	<i>186</i>	<i>100</i>	<i>14979</i>	<i>100</i>	<i>38 793</i>	<i>100</i>	<i>40 993</i>	<i>100</i>
1999 г.								
Северная Америка	16	16	531	3,8	54	0,2	6033	21,5
Центральная и Южная Америка	12	12	275	2,0	1657	5,8	2101	7,5
Европа	14	14	90	0,6	28	0,1	1245	4,4
Азия	41	40	12 735	91,6	26 031	90,4	18 257	65,2
Африка	14	14	268	1,9	1006	3,5	76	0,3
Австралия и Океания	4	4	14	0,1	4	<0,1	302	1,1
<i>Итого:</i>	<i>101</i>	<i>100</i>	<i>13 913</i>	<i>100</i>	<i>28 780</i>	<i>100</i>	<i>28 014</i>	<i>100</i>
2000 г.								
Северная Америка	9	9	30	0,3	3	<0,1	58	0,4
Центральная и Южная Америка	15	15	195	2,1	376	1,3	75	0,6
Европа	9	9	79	0,8	53	0,2	9237	72,1
Азия	52	50	4428	46,4	27 618	92,5	2090	16,3
Африка	13	13	4817	50,4	1802	6,0	1010	7,9

Таблица 1.11.2 (окончание)

Континент	Наводнения		Жертвы		Число временно эвакуированных		Ущерб	
	Число	%	Человек	%	Тыс. человек	%	\$ млн	%
Австралия Океания	и4	4	2	<0,1	1	<0,1	339	2,7
<i>Итого:</i>	<i>102</i>	<i>100</i>	<i>9551</i>	<i>1001</i>	<i>29853</i>	<i>100</i>	<i>12 809</i>	<i>100</i>
2001 г.								
Северная Америка	15	9	80	1,4	79	0,7	1056	8,0
Центральная Южная Америка	и22	13	225	4,5	747	6,8	1541	11,7
Европа	20	12	69	1,2	133	1,2	399	3,0
Азия	84	48	3857	68,3	9189	83,5	9601	72,8
Африка	29	16	1381	24,5	861	7,8	387	2,9
Австралия Океания	и3	2	4	0,1	4	<0,1	213	1,6
<i>Итого:</i>	<i>173</i>	<i>100</i>	<i>5646</i>	<i>100</i>	<i>11013</i>	<i>100</i>	<i>13 197</i>	<i>100</i>
<i>Итого по земному шару.</i>	<i>по562</i>	<i>-</i>	<i>44 089</i>	<i>-</i>	<i>108 439</i>	<i>-</i>	<i>95 013</i>	<i>-</i>

ги и т.п.). Там, где рынок не может выполнить стратегических и целеполагающих функций, он - благодаря интернализации внешних эффектов - становится полезным, даже необходимым исполнителем. Но первая роль - "конструктора" интернализации - при этом неизбежно принадлежит государству (а также межгосударственным структурам).

Применительно к проблеме дефицита воды объектами торговли на мировом и межрегиональных рынках должны быть водосберегающие, водозащитные, водоохраные технологии и водоемкие продукты, но не сама вода. При этом локальные и региональные рынки воды не только возможны, но и необходимы - до тех пор, пока осуществляются забор воды из естественных источников, ее транспортировка, подготовка, обработка и потребление. Неоправданность переброски воды в огромных количествах и на огромные расстояния вытекает, в частности, и из рыноч-

ного подхода и ни в какой степени не служит аргументом против развития рыночных отношений там, где вода является объектом экономических взаимодействий, между теми субъектами хозяйственной деятельности, которые становятся участниками процесса обмена водой. Отмеченные свойства воды и ее потребление определяют ограничения на географические масштабы обмена, но вовсе не на глубину развития рыночных отношений по поводу обмена водой и услугами в сфере водопользования.

1.12. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ И ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Климат и гидросфера тесно связаны между собой, поэтому изменения в одной из этих систем приводят к изменениям в другой системе. В Третьем (2001 г.) оценочном докладе Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [IPCC, 2001] дана оценка прироста за последние 140 лет концентрации углекислого газа - на $31 \pm 4\%$ и метана - на $151 \pm 25\%$; это явление предположительно связывается в докладе с изменением климата: за тот же период средняя глобальная приземная температура воздуха возросла на $0,6 \pm 0,2$ °C. Во многих исследованиях анализируется динамика климатических параметров за различные периоды времени; типичные температурные графики приведены на рис. 1.12.1. "Инерционные" (т.е. не предполагающие радикальных сдвигов в мировом хозяйстве) сценарии будущих изменений концентрации углекислого газа предполагают ее рост к 2100 г. до 540-970 частей на миллион по сравнению с примерно 370 частями на миллион в настоящее время; как следствие такого роста прогнозируется повышение глобальной приземной температуры воздуха на 1,4 - 5,8 °C. В разделе доклада, посвященном гидрологии и водным ресурсам, рассматриваются произошедшие в XX в. изменения и возможные сценарии будущих изменений.

В последние годы появилось много публикаций, в которых рассматриваются возможные будущие изменения водных ресурсов и гидрологического режима водных объектов как в целом для земного шара, так и его отдельных континентов, регионов, речных бассейнов и стран. При создании сценариев будущих изменений составляющих гидрологического цикла все авторы опираются на изменения и тенденции, наблюдавшиеся в основном в XX в., а также на климатические сценарии, основанные на модельных расчетах. Как и в любых модельных расчетах для сложных систем на длительную перспективу, в них высока степень не-

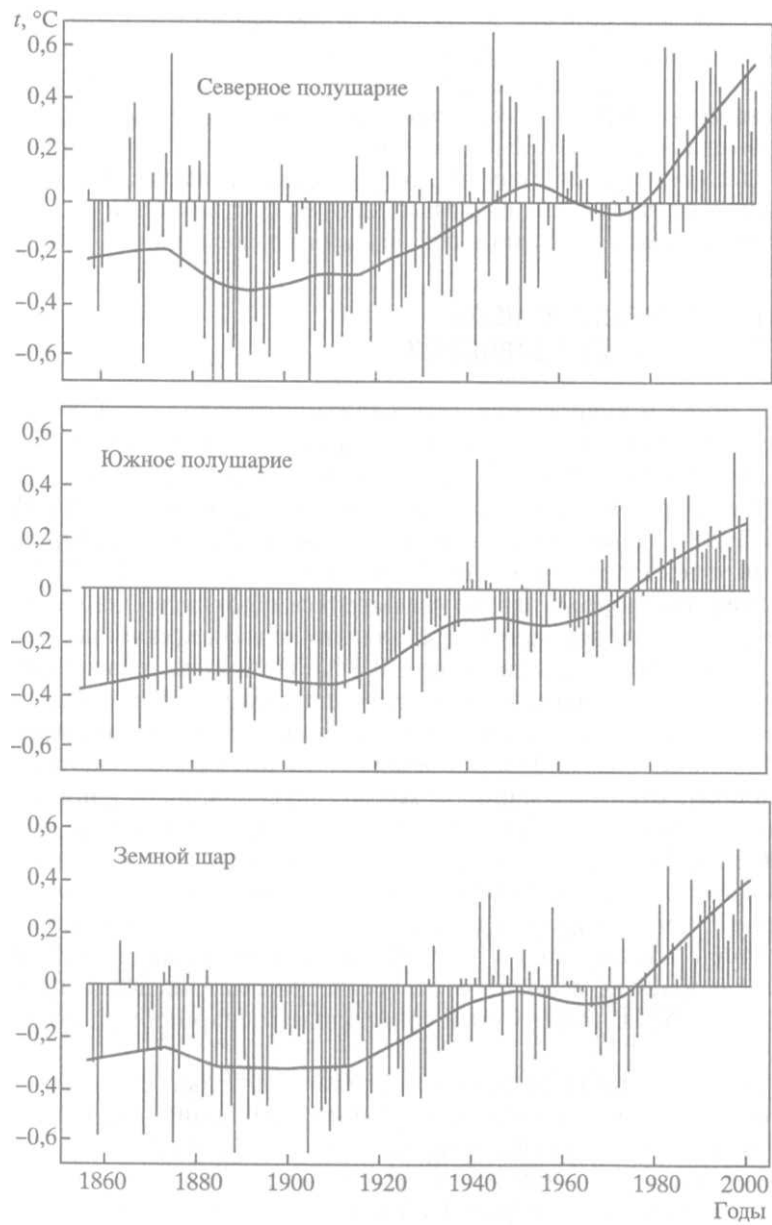


Рис. 1.12.1. Временные ряды аномалий средней январской температуры приземного воздуха, осредненных по территории Северного и Южного полушарий и Земного шара, 1856-2001 гг. Аномалии вычислены как отклонения от средней за 1961-1990 гг. [Груза, Ранькова, 2003]

определенности. А использование предположительных климатических сценариев при построении модельных гидрологических сценариев только увеличивает эту неопределенность [см., в частности: *Раткович, 2003*].

Наблюдения за одним из главных составляющих гидрологического цикла - осадками в XX в. показали, что в средних и высоких широтах они возрастали в среднем за десятилетие на 0,5 - 1%, в основном в осенний и зимний периоды, тогда как в тропиках и субтропиках отмечено уменьшение осадков. Возможно, сокращение осадков в тропиках и субтропиках в XX в. обусловлено не столько глобальным изменением климата, сколько колоссальными площадями вырубок лесов, транспирация которых служит основным поставщиком пара и формирования конвективных осадков в этих зонах на континентах. Например, на Филиппинах в последней четверти XX в. было вырублено 90% лесов (Состояние мира, 1999, 2000). Однако и для средних и высоких широт отмечается значительная территориальная изменчивость прироста осадков; например, в Европе и России есть регионы, где количество осадков сокращалось. Так, в Северной Европе летние осадки возрастали, а в Южной сокращались; в России в целом рост осадков отмечался на юге европейской части, а сокращение - на севере и в Сибири [*Груза, Ранькова, 2003*]. В дальнейшем, как предполагается, сохранение тенденции роста осадков повлечет более засушливые условия во внутриконтинентальных регионах (рис. 1.12.2).

Такое важное составляющее водного цикла, как испарение (включая транспирацию, т.е. суммарное испарение на суше), с ростом температуры должно увеличиваться. Но это наиболее сложно измеряемая величина, и ее изменения неоднозначны для разных условий. Например, в средних и высоких широтах в летний сезон транспирация - самый мощный фактор испарения, а в осеннее и зимнее время после формирования снежного покрова ее роль резко снижается; такой "разрыв" затрудняет оценку изменений этого процесса под влиянием повышения температуры. Представляется правдоподобным, что испарение с поверхности океана должно вырасти, поэтому возможно формирование более мощной и протяженной облачности и, следовательно, усиление парникового эффекта не за счет роста минорных парниковых газов, а вследствие увеличения концентрации паров воды - главного парникового газа в земной атмосфере. Таким образом, за счет этого феномена возможен переход к режиму "разгоняющегося" потепления [*Горшков, 1995*], что, в свою очередь, может привести к росту осадков и суммарного испарения на суше.

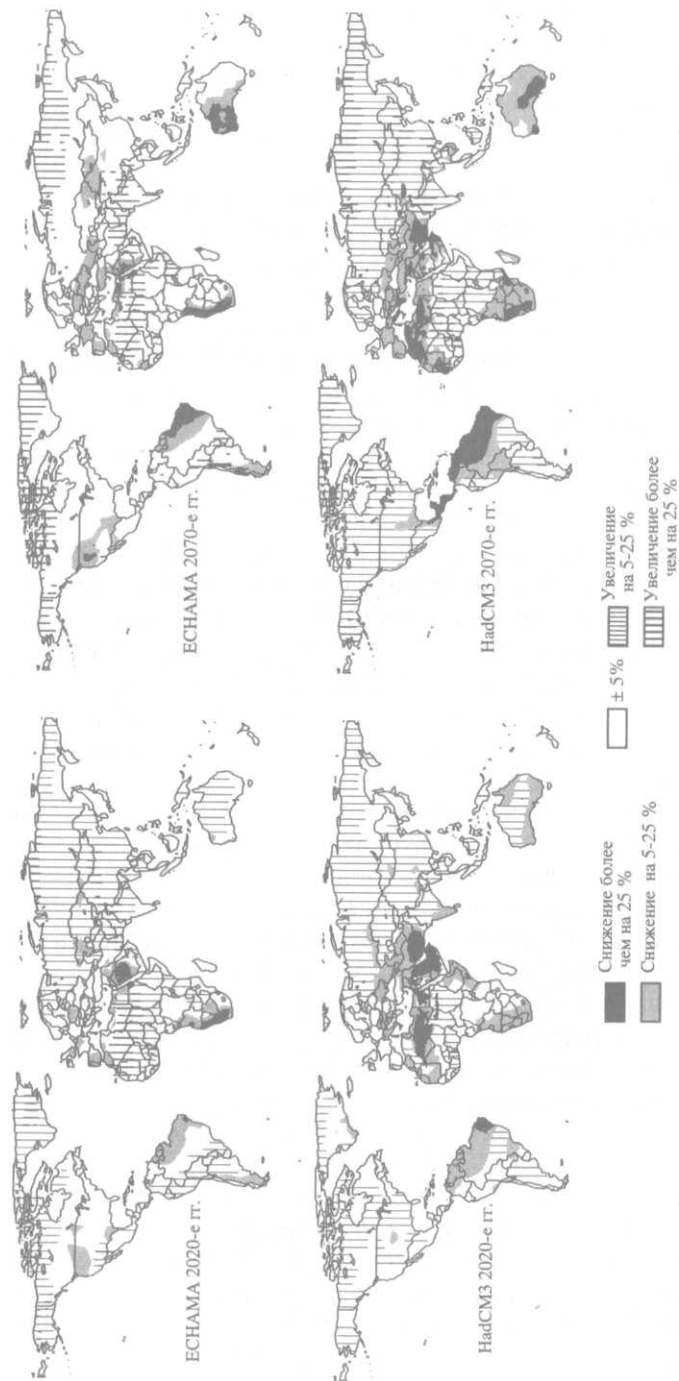


Рис. 1.12.2. Прогноз изменения годовых осадков в 2020-е и 2070-е годы по отношению к средним базовым (1961 - 1990 гг.), рассчитанные по моделям ECHAM4 и HadCM3 [Döhl, 2002]

Речной сток является третьей важнейшей составляющей водного цикла; однако, несмотря на наличие длительных рядов наблюдений в отдельных регионах, сколько-нибудь надежные прогнозы его возможных изменений под воздействием глобального потепления практически отсутствуют, почти не поддаются интерпретации и оценкам. Наблюдаемые его изменения регионально неоднородны. Кроме того, для многих регионов и водосборов очень трудно или невозможно отделить его изменения, связанные с глобальным потеплением, от вызванных другими, прежде всего антропогенными причинами. Некоторые ожидаемые последствия глобального потепления для водного режима в средних и высоких широтах Северного полушария на качественном уровне могут быть указаны: более позднее становление ледяного покрова, более раннее вскрытие рек, более высокие уровни воды в период летней межени, более ранние половодья и т.д., но получение состоятельных количественных оценок чрезвычайно трудно. Широко применяемый прием поиска аналога, находящегося в условиях, близких к тем, которые ожидаются для изучаемого объекта, с последующим переносом характеристик аналога на этот объект, в данном случае не дает надежных результатов из-за исключительного разнообразия гидрологических факторов.

Такие составляющие водного цикла, как снежный покров, ледяные покровы на водных объектах и ледники, с увеличением глобальной температуры претерпевают заметные изменения с преобладающей тенденцией к уменьшению. Эти тенденции наблюдаются на территории США и Евразии. Однако на больших высотах, где температура основную часть года ниже 0 °С, т.е. в зоне аккумуляции на ледниках, отмечается прирост снежного покрова. Тем не менее в целом ледники земного шара отступают, за исключением некоторых ледников, где имеются специфические условия окружающей среды и аккумуляции снежного покрова или особые механизмы динамика льда (пульсирующие ледники). Неопределенной остается ситуация в Гренландии и Антарктиде, хотя в конце XX в. отмечены отколы гигантских айсбергов и почти полное разрушение шельфового ледника Ларсена в Антарктиде, а также усиление таяния на южной окраине ледникового покрова Гренландии. Как отмечено выше, на водных объектах суши продолжительность ледяного покрова сокращается, происходит более позднее образование ледяного покрова и его более раннее вскрытие, однако толщина льда не всегда бывает меньше среднемноголетней, так как при фоновом потеплении возможны очень суровые зимы.

Количество почвенной влаги существенно зависит от комбинации осадков или снеготаяния и суммарного испарения, что, например, предопределяет ее снижение в средних широтах Северного полушария в летний период. Модельные сценарии ее состояния в будущем остаются весьма неопределенными, а для внутри- континентальных районов предполагаются сценарии летнего сокращения запасов почвенной влаги.

Важной проблемой, связанной с глобальным потеплением, становятся оценки изменений частоты и масштаба опасных явлений, связанных с водными объектами, - паводков (половодий), засух и маловодий. Их характеристика для ряда регионов приводится в докладе МГЭИК [IPCC, 2001]. При этом рассматривались как уже состоявшиеся и происходящие изменения, так и сценарии на предстоящий период. Как уже отмечалось, содержание водяных паров в атмосфере в связи с глобальным потеплением увеличивается; следовательно, растет запас энергии в атмосфере, что может реализовываться в виде экстремальной интенсивности и продолжительности осадков, росте числа штормовых явлений и смерчей, причем не только в районах, где предполагается рост осадков, но и там, где возможно их снижение. Во второй половине XX в. в сравнении с первой частота сильных осадков выросла на 2-4% в средних и высоких широтах Северного полушария, увеличилась также площадь, охватываемая такими осадками, и сумма пятисуточных осадков. Число станций, зафиксировавших такие изменения, относится к числу станций, отметивших тенденцию уменьшения этих показателей, как 3 к 1.

Изменения частоты паводков и величины их пиков сильно зависят от генезиса этих явлений. Так, в результате увеличения частоты и интенсивности осадков возрастают пики паводков, тогда как пики половодий могут снижаться в результате уменьшения снегозапасов и продолжительности периода их накопления. Но, вместе с тем, более вероятными становятся случаи интенсивного снеготаяния совместно с выпадением на тающий снежный покров дождевых осадков. Соответственно могут чаще происходить наводнения, и растет риск затопления городских территорий и хозяйственной инфраструктуры. В последнее десятилетие это, в частности, наблюдалось в Европе; предполагается более частое возникновение таких ситуаций в будущем. Так как в формировании паводков важен не только генезис массы воды, но и состояние водосборов, существенный вклад в условиях глобального потепления могут вносить антропогенные факторы; последние, как правило, так изменяют ситуацию на водосборе (землепользование, городские территории, замещение естественных лесов плантационными и т.д.), что формируется более высокий уровень пика паводка при

Таблица 1.12.1. Опасные последствия экстремальных явлений, обусловленных глобальным потеплением [по: IPCC, 2001]

Сценарии изменения экстремальных явлений и оценка их вероятности	Сценарии возможных последствий на той же территории
Однослойные экстремумы. Более интенсивные осадки (весьма вероятно)	Рост опасности паводков, оползней, лавин, селей. Рост эрозии. Увеличение водозапаса пойменных подземных вод. Давление на государственное и частное страхование
Сложные экстремумы. Увеличение тропических циклонов: ветер, пики осадков и их интенсивности (вероятно для некоторых регионов)	Рост риска для жизни людей, инфекционных эпидемий и многие другие риски. Рост эрозии берегов, разрушение зданий и инфраструктуры. Нарушение прибрежных экосистем
Увеличение летних засух в континентальных районах средних широт (вероятно)	Снижение урожаев. Уменьшение количества и качества водных ресурсов. Рост риска пожаров леса и степи. Таяние мерзлоты. Засоление и высыхание некоторых озер
Интенсификация наводнений и засух, связанных с явлениями Эль-Ниньо, Северо-Атлантического колебания и Арктического колебания в ряде регионов (вероятно)	Снижение продуктивности сельского хозяйства в районах роста наводнений и засух и снижение гидропотенциала в районах роста засух
Увеличение изменчивости летнего Азиатского муссона (вероятно)	Рост паводков и засух и риска высокой температуры воздуха в тропической Азии
Рост интенсивности штормов в средних широтах (условно вероятно)	Рост риска жизни и здоровью людей. Рост потерь. Рост нарушений прибрежных экосистем

тех же самых осадках, которые были до подобных изменений. В таких случаях нарушается однородность рядов наблюдений, поэтому для расчетов и моделирования требуются значительно более длинные ряды данных и разработка специальных методик их "чистки" (элиминации воздействия новых факторов, появившихся в течение периода наблюдений). Эти трудности в полной мере проявляются и при выявлении изменений, связанных с глобальным потеплением. В табл. 1.12.1 приведены вероятные опасные последствия, связанные с возможным ростом экстремальных явлений вследствие глобального потепления.

Отмеченная выше высокая неопределенность прогнозов гидрологических изменений вследствие глобального потепления (по-

Таблица 1.12.2. Глобальные изменения климата: адаптивные возможности, уязвимость, ключевые проблемы, степень риска [IPCC, 2001]

Регион	Адаптивные возможности, уязвимость, ключевые проблемы, степень риска
Африка	Адаптивные возможности сообщества низкие, обусловленные экономической и технологической отсталостью, уязвимость высокая в связи с зависимостью сельского хозяйства от водных ресурсов, засух и наводнений. Многие сценарии показывают снижение производства зерна, продовольственной безопасности, особенно в малых государствах, импортирующих продовольствие (средняя и высокая степень риска). Главные реки региона очень чувствительны к климатическим вариациям; средний сток будет снижаться, как и количество доступной для использования воды в Средиземноморье и на юге континента (средняя степень риска). Увеличение засух, наводнений и других экстремальных явлений приведет к усилению водного стресса, ухудшению продовольственной безопасности, инфраструктуры и здоровья людей, затормозит развитие в Африке (высокая степень риска)
Азия	Экстремальные явления увеличатся в умеренной и тропической зонах, включая наводнения, засухи, лесные пожары и тропические циклоны (высокая степень риска). Снизится продуктивность сельского хозяйства из-за водного стресса засух, наводнений, тропических циклонов, что ослабит продовольственную безопасность во многих странах всех географических зон Азии (средняя степень риска). Сток и доступная вода могут уменьшиться в аридных и полуаридных регионах Азии, но увеличатся в северных регионах (средняя степень риска). Увеличение интенсивности осадков приведет к росту наводнений в умеренной и тропической зонах (высокая степень риска)
Австралия Новая Зеландия	Вода будет ключевой проблемой (высокая степень риска) с учетом сценарных тенденций засух для многих регионов и изменений режима Эль-Ниньо. Увеличение интенсивности сильных осадков и тропических циклонов (средняя степень риска) и специфических региональных изменений частоты тропических циклонов станут угрозой риску жизни, имуществу и здоровью людей и экосистемам при наводнениях
Европа	Летний сток, доступная вода и почвенная влага уменьшатся в северной части и подверженной засухам южной, особенно в зимний период (высокая степень вероятности). Половина ледников в Альпах и значительная часть мерзлоты исчезнут к концу XXI в. (средняя степень риска). Опасность наводнений возрастет на всей территории Европы (высокая степень риска)

Таблица 1.12.2 (окончание)

Регион	Адаптивные возможности, уязвимость, ключевые проблемы, степень риска
Латинская Америка	Отступление ледников будет влиять на сток рек и приток воды в ледниковые реки (высокая степень риска). Паводки и засухи будут чаще при росте стока наносов и ухудшении качества воды в ряде регионов (высокая степень риска). Возрастет интенсивность тропических циклонов и угроза жизни, имуществу и экосистемам при сильных дождях и наводнениях (высокая степень риска). Продуктивность важных культур сократится во многих районах континента (высокая степень риска)
Северная Америка	Влияние роста засух на снижение урожаев в Канадских прериях и на Великих равнинах в США (средняя степень риска). На реках со снежным питанием пик половодья будет раньше (высокая степень риска). Вырастут страховые возмещения за счет опасных погодных и гидрологических явлений при их систематическом страховании (высокая степень риска)
Полярные регионы	Глобальное потепление уже сейчас выражается в таянии вечной мерзлоты, эрозии берегов, изменений ледниковых покровов и шельфовых ледников (высокая степень риска)
Малые острова	При сценарной скорости поднятия уровня океана на 5 мм в год вырастут интрузии соленой воды в пресные водоносные горизонты (высокая степень риска). Острова с ограниченными водными ресурсами уязвимы при изменениях климата, меняющего их водный баланс (высокая степень риска)

скольку к неопределенности климатической модели добавляется неопределенность опирающейся на результаты расчетов по ней гидрологической модели) усиливается также переходом от глобального уровня к региональному и к конкретным водосборам. Тем не менее в докладе МГЭИК [IPCC, 2001] даны оценки возможности адаптации региональных сообществ к ожидаемым проблемам, связанным с водными ресурсами и обусловленным глобальным потеплением, и их социально-экономическим последствиям (табл. 1.12.2).

Глобальное потепление может повлечь за собой подъем уровня Мирового океана. На его берегах обитает до трети населения Земли, причем большая часть соответствующих поселений размещена в устьях рек, в том числе в дельтах. В мире насчитывается 18 крупных дельт с площадью более 10 тыс. км², большая часть которых расположена в Азии, особенно плотное заселение таких территорий характерно для Южной и Юго-Восточной Азии. Уже

Таблица 1.12.3. Влияние изменений климата на потребности в воде для орошения [Doll, 2002]

Регион	Орошаемая территория, тыс. км ² (1995)	Число урожаев в год
Канада	7,1	1,0
США	235,6	1,0
Центральная Америка	80,2	1,0
Южная Америка	98,3	1,0
Северная Африка	59,4	1,5
Западная Африка	8,3	1,0
Восточная Африка	35,8	1,0
Южная Африка	18,6	1,0
Страны Европы - члены ОЭСР	118,0	1,0
Восточная Европа	49,4	1,0
Бывший СССР	218,7	0,8
Средний Восток	185,3	1,0
Южная Азия	734,6	1,3
Восточная Азия	492,5	1,5
Западная Азия	154,4	1,2
Океания	26,1	1,5
Япония	27,0	1,5
Мир в целом	2549,1	

сейчас в этих районах наблюдаются усиление процессов подтопления и эрозии берегов, более дальнейшее проникновение вверх по реке соленой воды в связи с повышением уровня приливов и вторжение соленой воды в прибрежные водоносные горизонты. При повышении уровня океана все эти процессы активизируются. Возрастет риск катастроф и ущерба населению и хозяйству, потребуются разработка мероприятий по защите дельт и побережий.

Глобальное потепление может существенно повлиять на потребности в оросительных водах на территориях орошаемого земледелия, что критически важно для производства продовольствия, так как орошаемые земли обеспечивают 2/5 мирового производства пищевых продуктов, занимая только 1/5 часть пахотных земель. Глобальный анализ [Doll, 2002], основанный на сценариях потепления к 2020 и 2070 гг., показал, что 2/3 орошаемых территорий будут нуждаться в дополнительных водных ресурсах, а на половине орошаемых земель потери сельскохозяйственной продукции вследствие потепления будут более значитель-

Среднегодовое потребление воды для орошения, км ³				
Базовый объем (1995)	2020-е годы		2070-е годы	
	ЕCHAM4	HadCM3	ЕCHAM4	HadCM3
2,4	2,9	2,7	3,3	2,9
112,0	120,6	117,9	123,0	117,9
17,5	17,0	17,6	18,1	19,7
26,6	27,1	27,5	28,2	29,1
66,4	62,7	65,3	56,0	57,7
2,5	2,2	2,4	2,4	2,6
12,3	13,1	12,2	14,5	14,3
7,1	7,0	7,4	6,4	7,2
52,4	55,8	55,2	56,5	57,8
16,7	18,4	19,0	19,7	22,1
104,6	106,6	112,1	104,4	108,7
144,7	138,7	142,4	126,5	137,8
366,4	389,8	400,4	410,7	422,0
123,8	126,0	126,6	131,3	127,1
17,1	20,3	18,8	30,4	28,6
17,7	17,8	17,6	18,2	19,7
1,3	1,3	1,8	1,4	1,5
1091,5	1127,5	1147,0	1151,0	1176,8

ными, чем отклонения объема производства в неурожайные годы от среднегодовых (табл. 1.12.3).

Таким образом, изменения климата, которые в настоящее время связывают прежде всего с глобальным потеплением, вызовут серьезные трансформации водных ресурсов в целом в мире и на отдельных континентах, при этом будут затронуты все аспекты развития цивилизации - экологические, экономические, социальные и политические.

1.13. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ И НАРУШЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВОДОСБОРОВ

Уже до нашей эры было осознано, что нарушение поверхности водосборов, их окружающей среды при хозяйственном освоении ведет к изменению водного режима стока и имеет другие экологические, экономические и социальные последствия для водных объектов и населения, ведущего там хозяйственную дея-

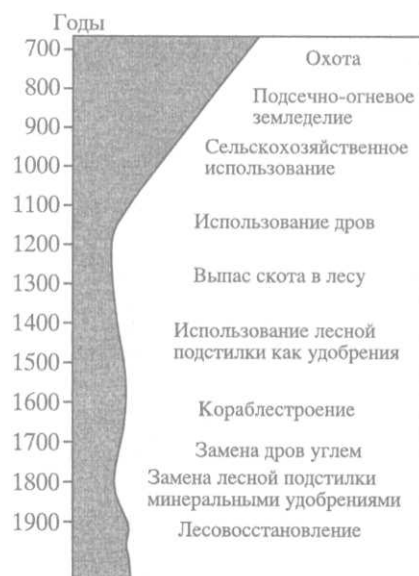


Рис. 1.13.1. Изменение площади лесопокрытых земель в Европе (начиная с VIII века) и его причины [Protection..., 1990]

тельность. Платон [428 (427) - 347 (348) до н.э.] писал, что в прежние времена, когда Аттика была покрыта густыми лесами, "ежегодные осадки не терялись, как нынче, когда им позволяют стекать по опустошенной земле к морю, - дожди поглощала покрытая пышной растительностью земля, которая хранила затем влагу в своем водонепроницаемом глиноземе, а потом отдавала ее водостокам в форме неиссякаемых рек и источников и приобщила к ней обширные районы". Таким образом, еще 23 века назад было сформулировано понятие о

водорегулирующей роли почвенно-растительного покрова водосборных бассейнов, а точнее, регулирующей роли естественных экосистем. Последствиями разрушения естественных экосистем еще в далекой древности в водосборах рек территории современной Греции и на Апеннинском полуострове стало снижение меженного стока, заиление рек и рост пиков паводков, которые сопровождались наводнениями, а также заболачивание, обусловленное задержками стока заиленными речками.

Итальянский историк Джино Луццатто (1878-1964) писал, что реки, которые в античное время считались судоходными, со временем превратились в потоки, по которым можно подниматься вверх по течению лишь на незначительное расстояние и только в период паводка. Он ссылается на Плиния Старшего [23 (24)-79], который называл судоходными реки, в настоящее время представляющие собой ничтожные ручьи, лишенные влаги в течение большей части года.

Как уже отмечалось выше, в мире освоено 400 крупнейших речных водосборов, в пределах которых проживает основная часть человечества. Время и продолжительность освоения этих водосборов и, следовательно, изменение характеристик водосбора водного режима водных объектов различались от региона к региону. В пределах Ойкумены освоение водосборов произошло

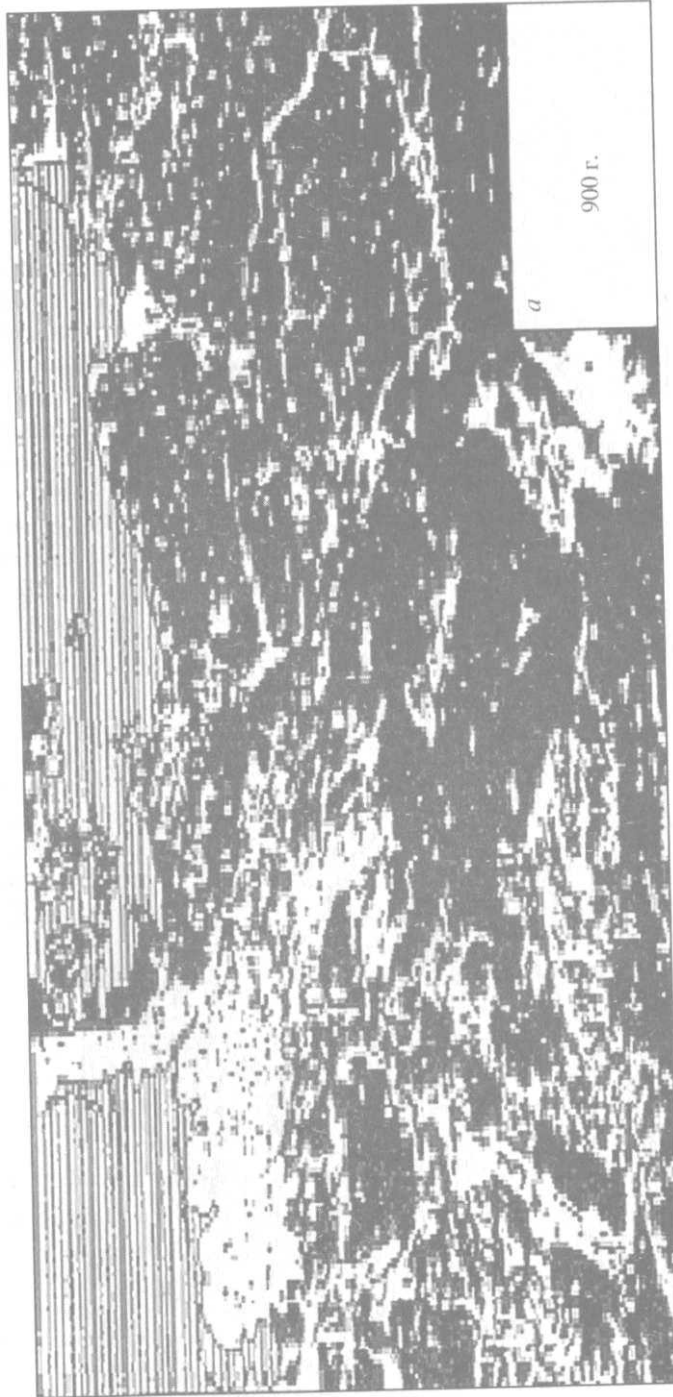


Рис. 1.13.2. Распространение лесов в Центральной Европе около 900 г. (а) и в 1900 г. (б) [Дорсет, 1968] Черным отмечены лесопокрытые территории



Рис. 1.13.2 (окончание)

еще до нашей эры - это Ближний Восток, северная часть Африки, южная часть Средиземноморья, восточная часть Китая, Центральная Азия, долина р. Ганг в Индии. На всей этой территории происходило тотальное уничтожение лесных экосистем с заменой их сельхозугодьями, причем лес использовался для строительства домов и судов и как источник основного энергоносителя. Поэтому речные системы и другие водные объекты этих районов давно испытывают антропогенное давление со всеми вытекающими отсюда экологическими, экономическими, социальными и политическими последствиями.

На основной части Европы интенсивное освоение водосборов началось после темных веков с началом так называемого развитого средневековья, когда в IX в. начался период "великого корчевания" - тотального уничтожения лесных экосистем, площадь которых достигла минимума в XVII в. и начала расти только в самом конце XIX в. (рис. 1.13.1, 1.13.2). Поэтому нынешние поколения жителей Европы живут в условиях антропогенно измененного водного режима водных объектов. При этом в пределах водосборов рек продолжают происходить их антропогенные изменения, в первую очередь за счет все большего появления водонепроницаемых поверхностей в виде сооружений и хозяйственной инфраструктуры, развития осушения и ирригации.

В Северной Америке на территории США освоение речных водосборов произошло по сравнению с Ойкуменой и Европой в относительно короткий исторический период - примерно за 200 лет - до 1900 г., а в XX в. шло их углубленное освоение. При этом осваивались не только территории водосборов, но и сами реки как источники энергии и воды для орошения.

В настоящее время идет интенсивное освоение водосборных бассейнов в Южной Америке, Африке, Австралии. Что касается Новой Зеландии и островов Океании, то их водосборы почти полностью освоены, при этом на многих островах уже давно. Примером такого освоения с катастрофическими экологическими, экономическими и социальными последствиями служит остров Пасхи.

Последствия разрушения экосистем острова Пасхи

Остров Пасхи (Рапануи) открыла и заселила небольшая группа полинезийцев около 400 г. В это время остров был покрыт богатой лесной растительностью. Население возделывало на расчищенных участках сельскохозяйственные культуры, занималось рыболовством и разводило кур. В результате экономического роста росло и население, численность которого достигла

к 1500 г. около 7000 человек. Параллельно росту экономики и населения шло последовательное уничтожение леса, который использовался как топливо, строительный материал для жилищ и лодок, а также для перемещения огромных каменных идолов к берегу океана, число которых было более 1000. Результатом этого роста стало исчезновение лесной растительности, эрозия почв, опустынивание, так как вода быстро стекала в океан, а маломощные эродированные почвы не могли удерживать много влаги. Следствием такого сильного нарушения экосистем островных водосборов стало резкое снижение производства продовольствия на суше и снижение вылова рыбы, так как для создания новых лодок не было материала. Наступил жестокий продовольственный кризис, а затем и социально-политический. Началась борьба между группами населения, люди переселились в пещеры, появилось людоедство. Голландец Я. Роггевен, открывший остров в 1722 г., обнаружил там всего 500 жителей, влачивших жалкое существование. Они не помнили своей истории и не знали, зачем было установлено столько каменных идолов [Tickell, 1993]. Это - модель современной цивилизации, которая основана на экономическом росте за счет разрушения экосистем, так как суша - это тоже несколько островов в Мировом океане.

Хотя первый водомерный пост был создан 5 тыс. лет назад на р. Нил, реальная организация сетей гидрологических наблюдений на водных объектах стала развиваться с середины XIX в. Для регионов с освоенными водосборами это были системы наблюдений за антропогенно измененным водным режимом. Поскольку в таких водосборах изменения окружающей среды продолжались, имеющиеся к настоящему времени ряды наблюдений нельзя считать однородными. Они неизбежно отражают тенденции, прямо или косвенно связанные с антропогенными воздействиями, и не позволяют непосредственно получить ни "фоновые" (здесь - для периода, когда существенных антропогенных воздействий еще не было) данные, ни точные сведения о произошедших отклонениях от первоначального фона. Для получения такой информации прибегают к различным методам (моделирование, сопоставительный анализ, поиск аналогов и пр.), ни один из которых не дает вполне надежных результатов.

Естественные экосистемы водосборов устойчиво поддерживают разнообразные гидрологические процессы, которые для людей являются важнейшими экологическими услугами. Разрушение этих экосистем при освоении территорий ведет к неустойчивости гидрологических процессов, утрате или, по крайней мере, к снижению уровня качества экологических услуг. Более то-

го, изменение окружающей среды хозяйственной деятельностью человека нередко приводит к катастрофическим экологическим, экономическим и социальным последствиям вместо получения экологических услуг.

Процессы и услуги, обеспечиваемые естественными экосистемами в неосвоенных водосборных бассейнах

Устойчивое поддержание гидрологических потоков и обеспечение гидрологического цикла.

Формирование устойчивых характеристик водосборного бассейна.

Обеспечение устойчивого водного режима и стока в пределах естественных колебаний климата.

Управление значительной частью водного цикла через транспирацию.

Поддержание уровня грунтовых вод путем их устойчивого пополнения.

Сбалансированный и низкий уровень водной эрозии.

Обеспечение качества воды и его воспроизводства.

Устойчивое поддержание водных экосистем.

Обеспечение цикла биогенов.

Вывод из окружающей среды и очищение воздуха и воды от загрязнителей.

Предоставление человеку возможностей рекреации.

Исследования, проведенные в верховьях р. Янцзы на площади немного более 1 млн км² (55,4% общей площади водосбора реки), показали, что направленное сельскохозяйственное освоение этой части водосбора, где формируется большая часть стока, вырубка лесных и уничтожение и трансформация других экосистем и быстрый рост населения привели к резкому усилению частоты паводков, в том числе экстремальных паводков и интенсификации водной и ветровой эрозии.

Определение на основе глобальных данных доиндустриального и современного переноса азота в реках выявило его резкое увеличение. Этот рост связан с удвоением площади сельскохозяйственных земель, развитием промышленности, производящей удобрения, ростом населения, быстрой урбанизацией, а также с разрушением биомассы естественных экосистем, при котором в результате распада органики образуются растворимые соединения азота. В результате перенос азота реками удвоился с 21 Тг до 40 Тг в год, а во многих районах индустриального развития и интенсивного сельского хозяйства он вырос в 5 раз [Green et al., 2004]. Многие реки в результате перегрузки тяжелыми металлами-

ми, пестицидами, органикой полностью потеряли способность к самоочищению, которое начинается не в русле, как это обычно считается, а на водосборе при формировании склонового (поверхностного и подповерхностного) стока и идет при участии растительности и почвенных организмов. Это исключительно важный этап самоочищения, так как во многих водосборах существенную роль в загрязнении воды играют сухие и мокрые атмосферные выпадения различных поллютантов. Это означает утрату важнейшей услуги - обеспечения и сохранения качества воды.

Таким образом, только сохранение и восстановление окружающей среды на водосборах рек в необходимом объеме позволит перейти к устойчивому водопользованию, сбалансированности гидрологического цикла, восстановлению естественного водного режима водных объектов, способности в масштабах водосбора поддерживать естественное качество воды. При этом наиболее значительная часть территории водосборов в большинстве стран мира (из крупных стран, богатых водными ресурсами, исключениями останутся Россия, Канада и Бразилия) по-прежнему будет использоваться в сельском хозяйстве, но здесь необходимо обеспечить максимально возможное приближение водного режима и качества вод к естественному; современные достижения агротехники позволяют в принципе добиться в этом направлении неплохих результатов. Для решения подобных проблем важным инструментом могут быть индикаторы устойчивого, а правильнее говорить, постоянно поддерживаемого (или неистощительного) водопользования. В первую очередь это должны быть индикаторы, характеризующие состояние водосбора, основные ведущие силы (процессы) в нем, нарушающие постоянно поддерживаемое водопользование, и индикаторы, отражающие последствия действия ведущих сил. Они должны включать экологические, экономические и социальные аспекты.

ЧАСТЬ 2

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ

Приведенные в части 1 данные и их анализ показывают огромное разнообразие доступных водных ресурсов в регионах континентального масштаба. Однако их использование и его последствия в современном мире таковы, что порождают в ряде регионов дефицит воды, как минимум, субконтинентального масштаба. Во всех регионах мира эти опасные процессы имеют общие черты, обусловленные особенностями использования воды, так как социальные и экономические тенденции достаточно сходны в большинстве стран, но уровень их развития существенно различен, кроме того, существенное значение имеют природные особенности стран.

В этой части книги рассматриваются экологические, экономические, социальные и политические последствия потребления воды на континентах. Отдельно выделено Содружество Независимых Государств, по площади сравнимое с самыми крупными континентами планеты. Такое выделение объясняется, в частности, тем, что экономики этих стран, совсем недавно входивших в единое государство, весьма близки по многим существенным особенностям и, вместе с тем, серьезно отличаются от экономик стран, соседних с СНГ.

2.1. ЕВРОПА (БЕЗ СТРАН СНГ)

Среднегодовые возобновляемые запасы поверхностных вод в Европе (вместе с европейской частью России) составляют порядка 6400 км^3 , или около 8500 м^3 на человека в год [Григорьев, Кондратьев, 1999]. Самые большие реки Европы (без стран СНГ) - Дунай и Рейн. Распределение стока в Европе крайне неравномерно: в Норвегии годовой сток доходит до 3000 мм, в Центральной Европе составляет 100-400 мм, а в Центральной и Южной Испании - менее 25 мм [Глобальная экологическая..., 2002].

Европа (без России) представляет собой крупнейший район потребления водных ресурсов - как поверхностных, так и под-

земных (см. рис. 1.4.1). Большая часть изымаемой воды потребляется в индустриальном секторе (см. рис. 1.4.2 и 1.4.4). В целях потребления для различных нужд на территории Европы ежегодно изымается из имеющихся водных ресурсов от 5% располагаемых водных ресурсов (в Скандинавии) до 40% (в Бельгии, Нидерландах, Германии и Испании), а в среднем в Западной Европе забирается 20% водных ресурсов [Глобальная экологическая..., 2002]. Для Европы (без России) это составляет порядка 450 км³ в год. Однако в зоне Средиземноморья, где водные ресурсы относительно невелики и основным потребителем воды является сельское хозяйство, водозабор в отдельных местностях может достигать 80%. При этом помимо водозабора из рек и озер очень интенсивно идет внутриусловное использование водных ресурсов, в первую очередь - как транспортных систем, в целях рекреации, получения энергии и сброса сточных вод из точечных и диффузных источников. С учетом этих видов водопользования вполне правомерно утверждение, что в Европе полностью используются ресурсы всех поверхностных водных объектов и, кроме того, в очень значительной степени - подземные воды.

Интенсивное внутриусловное использование водных объектов еще в средние века породило проблему санитарного состояния водных объектов и распространения болезней, связанных с их бактериальным загрязнением. Попытки решения этой важной социальной проблемы путем обеспечения населения чистой питьевой водой в Европе были достаточно систематичными еще в XVIII в. Так как тогда еще не существовало надежных методов очистки и подготовки питьевой воды, в XIX в. стали широко использовать подземные воды. Система водоснабжения городов Европы преимущественно из подземных водоисточников сложилась исторически, сейчас прежде всего благодаря ей практически все европейское население имеет доступ к удовлетворительной по качеству питьевой воде.

В то же время неуклонно продолжалось загрязнение поверхностных вод, особенно интенсивно после Второй мировой войны, когда увеличился (и стал более опасным по химическому составу) сброс из точечных источников, возрос сток с городских территорий и прибавился диффузный сток с сельскохозяйственных полей, где стали использоваться интенсивные технологии с использованием больших масс удобрений, средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков; вырос также сток с животноводческих комплексов, где по мере укрупнения производства увеличилось накопление больших масс экскрементов животных. В результате практически все реки Европы превратились в

сточные каналы. Только в конце 1960-х годов начинается систематическая работа по широкому внедрению очистных сооружений на предприятиях промышленности, сельского и коммунального хозяйства, водосберегающих технологий и локальных очисток отдельных водных объектов.

Крупнейшим примером очистки водного объекта служит водосбор р. Рейн и Боденское озеро, через которое река протекает. В очистку только верхнего Рейна и Боденского озера Германия, Швейцария и Австрия вложили более 5 млрд марок ФРГ (в ценах 1970-х годов). Однако эти средства направлялись в основном на очистку воды в точечных источниках загрязнения или на ликвидацию некоторых из них. После того как в этом направлении были достигнуты существенные результаты, для Европы основной проблемой стало диффузное загрязнение, связанное с рассредоточенным стоком с сельскохозяйственных полей и пастбищ, территорий городов и площадей, занятых хозяйственной инфраструктурой, а также загрязнение водных объектов при промышленных авариях.

Другой проблемой является вторичное загрязнение поверхностных вод, связанное с тем, что за период загрязнения в конце XIX и первой половине XX в. в донных отложениях водных объектов накопились значительные массы поллютантов, включая тяжелые металлы. Еще одна проблема - очень интенсивное освоение водосборов рек, большую часть которых занимают городские территории, сельскохозяйственные поля, сельвакультурная и хозяйственная инфраструктура, что снижает качество воды поверхностного стока (а также увеличивает его неравномерность). Наконец, ухудшение качества вод связано с сухими и мокрыми выпадениями из атмосферы, куда выбрасывается значительная масса поллютантов как промышленными предприятиями, так и автотранспортом.

Развитие природоохранной промышленности в Германии

В 1970-е годы в Германии, после принятия ряда законов об охране природных вод, закона о налоге на сброс сточных вод и под давлением общественности, а также в связи с тем, что лишь 38% сточных бытовых вод подвергалось приемлемой очистке, развернулись работы по строительству очистных сооружений и расширению и улучшению канализационных сетей. С 1958 по 1982 г. в строительство очистных сооружений было вложено 20, а в расширение и улучшение канализационных сетей - 40 млрд марок, что позволило подключить к канализации 90% жителей (тогда еще Западной Германии) и подвергать 90% сточных вод биологической очистке.

Работа по охране водных объектов в Европе имела не только значительные социально-экологические, но и экономические результаты, так как в Германии, например, была создана природоохранная промышленность с оборотом в миллиарды марок и числом занятых больше, чем в автомобильной промышленности. Тем не менее Рейн, как и другие реки Европы, остается под угрозой возможных аварийных загрязнений от многочисленных промышленных предприятий, расположенных на их берегах, а также в случаях катастрофических паводков, как это имело место в 1997 и 2002 гг. в Центральной и Восточной Европе.

Характерными для Европы являются два вида загрязнения водных объектов - эвтрофирование, обусловливаемое большим поступлением биогенов (особенно фосфора, а также азота) с сельхозугодий и городских территорий с ливневыми водами, и закисление поверхностных и почвенных вод в связи с еще достаточно большими выбросами в атмосферу двуокиси серы и особенно окислов азота. Поступление биогенов, особенно фосфора, в равной степени обеспечивается как сельскохозяйственным сектором, так и промышленно-коммунальным. В 1980-х годах начали снижаться, во-первых, сброс биогенов в связи с улучшением эффективности очистки городских сточных вод и снижением использования удобрений, во-вторых, эмиссия двуокиси серы за счет установки фильтров для отходящих газов и газификации энергопроизводящих станций, но проблемы эвтрофирования и закисления остаются. Кроме того, все чаще фиксируется загрязнение подземных вод, причиной которого, в частности, служит растворение поллютантов, содержащихся (или образующихся) в хранилищах твердых отходов под землей или на поверхности.

В Европе принимаются серьезные меры по сокращению забора свежей воды из водоисточников, что особенно заметно в индустриальном секторе. Такое сокращение достигается в результате внедрения неводоемких технологий, водооборотных систем, а также вывода водоемких предприятий за пределы страны и отказа от производства водоемкой продукции (за счет расширения ее импорта). Повышается эффективность использования воды в коммунальном секторе, в частности за счет установления высоких цен на воду и установки счетчиков воды в квартирах, что эффективно стимулирует население к водосбережению. В Европе рост потребления воды наблюдается только в сельскохозяйственном секторе в южной части континента в связи с расширением орошаемых площадей: здесь потребление воды выросло за последние годы на 20% [Глобальная экологическая..., 2002].

Критическая важность воды как ресурса для экономики и социального благополучия стран Европы определяется большим разнообразием способов ее использования, весьма значительными объемами ее потребления, а также сохраняющейся высокой степенью загрязненности водных источников, в том числе подземных вод. Для большей части стран Европы характерно использование основной массы потребляемой воды в промышленных и бытовых целях, и, как отмечалось выше, только на юге в ряде стран Средиземноморья преобладает ее потребление для орошения.

Большая часть населения Европы обеспечена водой по высоким стандартам, т.е. порядка 200-250 л на человека в сутки, при этом лучшее положение в Западной и Центральной Европе и несколько хуже - в Восточной, особенно в сельских районах. Тем не менее ситуацию с водообеспеченностью в ряде регионов Европы нельзя признать вполне благополучной: в некоторых странах в связи с высоким уровнем потребления воды и ее загрязнением начинает ощущаться водный голод и рассматриваются проекты закупки пресной воды [Зекцер, 2001]. Кроме того, население Европы предпочитает пить бутилированную пресную и минеральную воду, а также разнообразные напитки и соки, в известной мере это обусловлено и информированностью о том, что верхний горизонт подземных вод, из которого обеспечивается питьевое водоснабжение, загрязнен. При высокой освоенности территории водосборов очень трудно гарантировать полную безопасность питьевого водоснабжения, поэтому даже в Европе все еще отмечаются вспышки желудочно-кишечных заболеваний, связанных с некачественной питьевой водой, в том числе в странах с самыми высокими стандартами жизни, хотя крупномасштабные вспышки заболеваний, когда число пострадавших превышает 20% водопользователей, встречаются уже редко [Глобальная экологическая..., 2002].

Европейский Союз, осознавая важность сохранения высокого качества воды, разработал Рамочную директиву по воде, направленную на обеспечение к 2015 г. хорошего качества воды во всех водных объектах территории. Достижение этой цели предполагается обеспечить в результате создания системы комплексного управления водными ресурсами на уровне отдельных водосборов, что является попыткой реализации давно обсуждаемой в СССР, а сейчас в России (и отчасти реализованной) системы управления водными ресурсами на основе бассейнового принципа. Однако результаты претворения в жизнь директив Европейского Союза по качеству воды и нитратам в большинстве стран пока квалифицируются как неудовлетворительные. Существенным

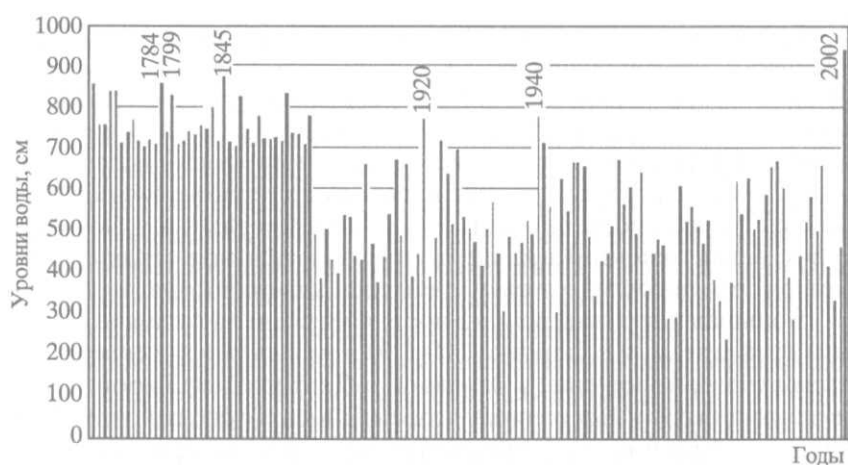


Рис. 2.1.1. Наводнения на реке Эльбе с 1501 г. [Heenten, 2003]

Ось абсцисс - время, шкала неравномерная; отмечены только те годы, когда происходили наводнения. По оси ординат отложены уровни воды (см) на посту г. Дрездена. Наводнение 1845 г. было вызвано ледовым затором, остальные - осадками

изъяном Рамочных директив является недостаточный учет нарушений в окружающей среде на водосборе и их последствий для состояния водных объектов и соответственно первоочередной необходимости восстановления естественных экосистем.

Европа всегда была ареной наводнений и засух. В последние годы стали проявляться тенденции возрастания частоты и силы таких опасных явлений, как наводнения, что связывают с глобальным потеплением. Данные о наводнениях за 1998-2001 гг. были приведены в табл. 1.11.2 и на рис. 1.11.2. В 2002 г. на Германию, Чехию и сопредельные страны обрушилось небывалое наводнение, на рис. 2.1.1 видно, что уровень паводка 2002 г. был наивысшим за 500 лет; по-видимому, катастрофичность этого наводнения обусловлена не только климатическими причинами, но и антропогенными изменениями русел рек и их водосборов.

Наблюдаемые тенденции в интенсивности осадков и максимального стока в Европе

В средних и высоких широтах Северного полушария частота сильных осадков увеличилась на 2-4%. На Рейне у Кёльна с 1890 по 2000 г. отмечена положительная тенденция годовых максимумов. Для других четырех крупных рек Германии отмечен рост амплитуды паводков, а рассчитанные по старым данным 100-летние паводки теперь оказались 30-летними. Реки Австрии

за период 1952-1991 гг. показали позитивную тенденцию роста паводков в 66,3% случаев. Четыре реки в Шотландии за последние 30 лет показали рост общего и максимального стока.

Сценарии будущих изменений интенсивности осадков и риска паводков, разработанные на основе расчетов по так называемым большим климатическим моделям, говорят о более влажных зимах для всего континента с возрастающим увлажнением в северной части, тогда как южная Европа станет суше. Риск опасных наводнений будет характерен для всего континента.

Особенностью Европы является наличие большого количества международных вод - трансграничных и пограничных водных объектов. Их использование и особенно загрязнение порождают много проблем. Однако в Европе эти проблемы решаются путем соглашений с учетом интересов сторон. Существует множество двусторонних и многосторонних соглашений по управлению трансграничными водами. В 1992 г. была принята Конвенция по охране и использованию трансграничных рек и международных озер, направленная на усиление национальных водоохранных мероприятий [Глобальная экологическая..., 2002]. Европейский Союз разрабатывает единую водную политику, что в значительной степени будет способствовать решению водных проблем для его членов.

2.2. АЗИЯ (БЕЗ СТРАН СНГ)

Азия - регион мира с самым значительным среднегодовым запасом возобновляемых ресурсов поверхностных вод, он равен 13 200 км³, включая азиатскую территорию России и другие страны СНГ в Центральной Азии. Без последних эта величина составляет немного менее 9000 км³. Но на душу населения водных ресурсов в этом огромном регионе приходится меньше, чем на любом другом континенте, - всего 3800 м³ в год, а без учета населения и водных ресурсов стран СНГ - еще меньше: около 3000 м³ в год. При этом распределение возобновляемых водных ресурсов поверхностных водных источников крайне неравномерное, так как в Азии находится полоса крупнейших пустынь, протянувшаяся от восточного берега Средиземного моря до Восточного Китая. Кроме того, это самый населенный континент мира, где проживает (даже без учета СНГ) более половины населения земного шара и очень высока плотность населения к югу от 50-й параллели.

Огромный азиатский регион был и остается одним из самых крупных потребителей воды для орошения, которое использова-



Рис. 2.2.1. Главные речные водосборы, водные ресурсы и их доступность в Китае [Xia Jun et al., 2003]

лось еще задолго до нашей эры на Ближнем Востоке, в Иране, на полуострове Индостан и в Восточном Китае в долине р. Хуанхэ. И сейчас Азия представляет собой континент с наибольшей площадью орошаемых земель, составляющих 60% от мировых, при площади орошаемых земель в мире около 270 млн га.

Особенностью района, где проживает большинство населения континента (Китай, Индия, Юго-Восточная Азия), является муссонный режим питания рек, когда летний муссон приносит много влаги и сопровождается паводками и наводнениями, затем в период зимнего муссона наступает сухой период с резким снижением стока рек и нехваткой воды. Поэтому даже при относительно большом количестве среднегодовых водных ресурсов в сухой период потребности в воде не удовлетворяются. Для смягчения дефицита пресной воды с древнейших времен на реках

строятся водорегулирующие и водозаборные гидротехнические сооружения, в последние десятилетия широко используются подземные воды. Быстрый рост населения и экономическое развитие в таких условиях все время усиливают нехватку воды. Даже Китай, демонстрирующий ускоренное расширение экономического потенциала, оказался в условиях, грозящих водным голодом, и это одно из самых серьезных противоречий его роста, угрожающее большими экономическими потерями и даже массовыми жертвами среди населения. Рис. 2.2.1, на котором представлены данные о водных ресурсах Китая, показывает, что большая часть страны расположена в аридной и полуаридной зонах. С дефицитом воды страна сталкивалась на протяжении всей своей истории, тем не менее за последние 50 лет потребление воды в сельском хозяйстве выросло здесь в 3 раза, в промышленности - в 46 раз, в коммунальном секторе - в 41 раз [Ouyang Zhi-yun et al., 2004].

Водные проблемы Китая

Среднегодовой сток рек Китая составляет 2800 км³ - это шестое место в мире, но на душу населения приходится всего 2116 м³ - треть от среднемирового значения, место ниже 110-го в мире. 83,8% водных ресурсов Китая приходится на водосбор р. Янцзы и районы к югу от него. Более половины из 600 городов страны имеют проблемы, связанные с нехваткой и низким качеством воды. Общий дефицит воды для бытовых и промышленных нужд городов составляет 6 км³ в год. Годовые минимальные потери от этого достигают 14 млрд долл., а с учетом нехватки воды для орошения - порядка 25 млрд долл. Засухе регулярно подвержено порядка 15% земель, а в особо засушливые годы (примерно один раз в 5 лет) - до 30% неорошаемых земель, составляющих половину площади сельскохозяйственных земель страны. Поэтому в засушливых регионах широко используются подземные воды, откачка которых ведет к истощению (в том числе) вековых запасов и проседанию земной поверхности. Треть сельскохозяйственных земель и две трети городов подвержены затоплениям в период сильных наводков, потери от которых с 1993 по 1997 г. составили 95 млрд долларов - почти пятую часть дохода страны за тот же период [Xia Jun, Yongqin David Chen, 2001].

Для борьбы с засухами и защиты от наводнений в Китае еще в древности были заложены традиции гидротехнического строительства. На 2002 год в стране имелось более 85 тыс. водохранилищ, включая 450 крупных и 2643 средних, с общим объемом 559,4 км³, что составляет 21,3% общего среднесезонного стока на территории Китая [Shenglian Guo et al., 2004].

Таблица 2.2.1. Водообеспеченность стран Юго-Восточной Азии, 1995 г.
[Gupta, 2001]

Регион/Страна	Общий объем, км ³	Объем на душу населения, м ³ /чел.
Мир в целом	41 022	6918
Азия	13 207	3680
Таиланд	179	3680
Камбоджа	498	8195
Лаос	270	50 392
Индонезия	2530	12 251
Малайзия	456	21 259
Мьянма	1082	22 719
Филиппины	323	4476
Вьетнам	376	4827

В 2001 г. сброс сточных вод (учтенных) составил в Китае 42,84 км³, из них более 53% приходится на коммунальные сточные воды. 85,6% промышленных сточных вод соответствует национальным стандартам, а 64% коммунальных сбрасывается без очистки прямо в реки и озера [Ouyang Zhi-yun et al., 2004].

Проблемы, с которыми сталкивается Китай, характерны для большинства стран Юго-Восточной и Южной Азии (данные о водообеспечении стран этого региона приведены в табл. 2.2.1). Например, в Таиланде, где среднегодовой поверхностный сток составляет 179 км³, а на душу населения приходится почти 3700 м³ воды, нехватка воды на территории водосбора основной р. Чао Прайя составляет в настоящее время 2,5 млн м³ в год. В Бангкоке откачивается 2,5 млн м³ подземных вод в сутки вместо допустимых 0,6 млн, в результате поверхность земли в городе опускается со скоростью 1,5-5,3 см в год [Gupta, 2001]. Но наибольший объем откачки происходит в Китае, где в год потребляют 8 км³ воды из подземных источников, в результате чего в 56 районах страны происходит постоянное оседание поверхности земли (рис. 2.2.2). Переэксплуатация подземных вод в прибрежных городах региона привела к интрузиям соленых морских вод в пресные водоносные горизонты, что характерно для таких городов, как Бангкок, Дакка, Джакарта, Карачи и Манила [Глобальная экологическая..., 2002].

Полуостров Индостан - это регион водного голода, причина которого не только, а в некоторых районах не столько связана с исходными природными условиями, сколько с перенаселеннос-

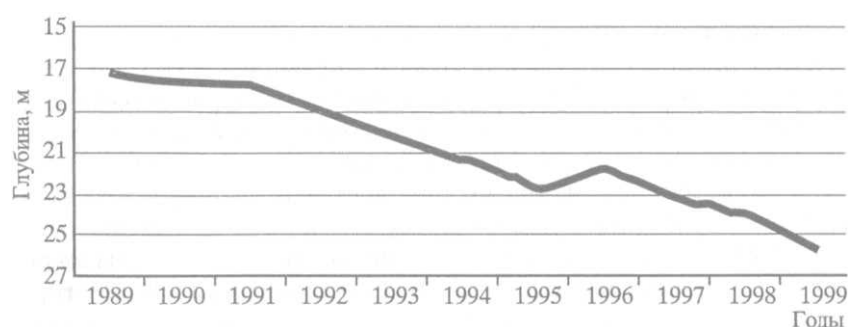


Рис. 2.2.2. Изменение уровня подземных вод в г. Шицзячжун (Северный Китай) с 1989 по 1999 г. [Xia Jun et al., 2003]

тью и социально-экономическими проблемами. Расположенный по соседству Бангладеш полностью зависит от потребления воды из трансграничных водотоков, так как лежит в дельте рек Ганг и Брахмапутра, протекающих в основном по территории Индии; здесь имеет место один из наиболее острых международных конфликтов за водные ресурсы. В период паводков, ураганов и нагонных явлений в Бангладеш затапливается значительная часть территории, а число жертв исчисляется тысячами и десятками тысяч.

Особым регионом является Ближний Восток, или Западная Азия, где сосредоточены все характерные для континента водные проблемы - в силу природных условий здесь существует водный голод (табл. 2.2.2), который усугубляется быстрым ростом населения, ростом экономики, а также взаимозависимостью в потреблении водных ресурсов в связи с наличием трансграничных водных систем (см. карту на рис. 1.10.1). Поэтому богатые нефте-

Таблица 2.2.2. Водообеспеченность в Западной Азии [Глобальная экологическая..., 2002]

Показатели	Район		
	Машрик	Аравийский п-ов	Западная Азия
Население, млн, 2000 г.	50,7	47,0	97,7
Доступные водные ресурсы, км ³ в год	79,9	15,3	95,2
Водопотребление, км ³ в год	66,5	29,6	96,1
Индекс напряженности, %	83,3	Более 100	Более 100
Доступные водные ресурсы на душу населения, м ³ в год	1574	326	974

добывающие страны этого региона стали широко использовать системы опреснения морской воды. Например, в Арабских Эмиратах и Саудовской Аравии вода подается бесперебойно для населения, а в Аммане (Иордания) - только три дня в неделю, в Дамаске (Сирия) - не более 12 часов в сутки.

В Западной Азии на сельское хозяйство затрачивается 82% воды, на коммунальные нужды - 10% и на нужды промышленности - только 8%. Из 12 стран региона девять обеспечены водными ресурсами в объеме менее 1000 м³ в год, а семь - ниже 500 м³ в год.

Водные ресурсы Западной Азии и их использование

Речной сток в Западной Азии составляет около 80 км³ в год, запасы подземных вод - 14,4 км³, производство опресненных вод - 1908 км³ в год, возвратные дренажные воды - 3942 км³ в год. В последней трети XX в. за счет субсидирования в странах региона резко возросла площадь орошаемых земель, в некоторых странах она удвоилась (например, в Сирии и Ираке). Однако рационально используется не более 50% оросительных вод, а в некоторых странах - даже 30% [Глобальная экологическая..., 2002].

Напряженное положение с водой в Западной Азии усугубляется повсеместным загрязнением водных объектов. Сброс загрязненных вод предприятий (хотя их число невелико) и особенно бытовых сточных вод приводит к серьезным последствиям, в том числе к распространению различных форм диареи, смертность от которой в регионе уступает только смертности от заболеваний органов дыхания [Глобальная экологическая..., 2002].

Переэксплуатация подземных вод и ее последствия

Уровень подземных вод падает в ряде регионов Азии - на Ближнем Востоке, на большей части Индии и почти везде в Китае. На Северо-Китайской равнине, где собирают 40% урожая страны, он падает со скоростью 1,5 м в год. В Индии забор подземных вод вдвое превышает их пополнение, в результате уровень воды падает на 1-3 м в год. Специалисты считают, что в какой-то момент этот "карточный домик" рухнет и в Индии производство зерновых упадет более чем на 25% [Состояние мира, 1999, 2000].

В целом для Азии (без стран СНГ) характерны водный голод (той или иной степени напряженности, см. рис. 1.7.8 и 1.11.1), широкое строительство регулирующих и водоотводящих сооружений, переэксплуатация подземных вод, низкая эффективность

использования оросительных вод, загрязнение водных объектов, конфликтные проблемы трансграничных рек (Меконг, Салуэн, Ганг, Брахмапутра, Тигр и Евфрат и др.) и в то же время частые катастрофические наводнения в период летнего муссона и тайфунов с большим числом жертв и значительным экономическим ущербом. Последнее связано не только с природными условиями и особенностями водного режима рек, но и с высокой плотностью населения, его экспансией в зоны затопления и, наконец, с нарушением естественных экосистем на речных водосборах. Ярким примером является Бангладеш, страна с самой высокой в мире плотностью населения, занимающая дельту Ганга и Брахмапутры, где наводнения случаются практически ежегодно, а катастрофические - 2-3 раза в десятилетие, унося тысячи и десятки тысяч жизней.

Азиатский материк остается территорией, где продолжается крупномасштабное гидротехническое строительство, долгосрочные экологические и гидрологические последствия которого неясны. Примером может служить строительство крупнейшей в мире плотины на р. Янцзы в Китае в районе Трех Ущелий (Санься), которое ведется с нарушением принятого в Китае природоохранного и водного законодательства. Поборники проекта используют те же доводы, на которые в свое время опирались строители плотин и каналов на Амударье и Сырдарье в СССР: выгоды будут больше издержек, хотя определить последние заранее практически невозможно. Что касается выгод, то они связываются с приростом производства сельскохозяйственной продукции, высокая водоемкость которого в Китае и ряде других азиатских стран в значительной мере обусловлена высокой долей риса среди возделываемых культур.

С 2000 г. активизировались работы по проекту переброски стока с юга на север Китая - идея, высказанная еще в 1950-х годах Мао Цзэдуном. Начало работ включено в пятилетний план 2001-2005 гг. По завершении работ по системе каналов предполагается переброска 48 км³ воды. Весь остальной мир отказался от планов подобного перераспределения стока рек еще в 1980-х годах.

Одним из легко предсказуемых последствий этих двух проектов будет развитие в нижнем течении р. Янцзы катастрофы по типу "Аральской" (или, с учетом хронологического приоритета, "Колорадской"). Экстенсивное развитие орошаемого земледелия на основе устаревших технологий уже привело к значительным потерям земель для сельскохозяйственного использования вследствие вторичного засоления. От 10 до 20% орошаемых земель подвержены засолению [Харин, 1999]. Сведения о засолении земель (в том числе неорошаемых) по бассейнам четырех рек Китая приведены в табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.3. Засоление земель в бассейнах четырех рек Китая [Харин, 1999]

Реки	Площадь засоленных земель, км ²	% от общей площади	Культивируемая площадь, км ²	% от культивируемой площади
Шиянг	2098,81	4,98	295,37	11,54
Хейхе	1584,21	2,27	256,73	10,75
Шале	4713,64	4,57	273,21	21,70
Урумчи	796,8	5,65	275,02	19,24

Дефицит воды в большинстве стран Азии обусловлен ее неэффективным использованием. Например, на единицу произведенной продукции в промышленности затрачивается в 10—20 раз больше воды, чем в развитых странах. В сельском хозяйстве, потребляющем основную долю воды, орошение ведется традиционными методами, устаревшие и неэффективные ирригационные системы выходят из строя, происходит вторичное засоление орошаемых площадей, которые выводятся из оборота почти с той же (а иногда и с большей) скоростью, чем появляются новые орошаемые территории.

Проблему дефицита воды в странах Азии усугубляет загрязнение водоисточников. В конце XX в. на континенте почти повсеместно наблюдается рост загрязнения рек, озер и водохранилищ, что связано с индустриализацией, ростом плотности населения, использованием больших доз удобрений, ядохимикатов и гербицидов на единицу площади (см. рис. 1.4.6) и отставанием в создании очистных сооружений. Типичным для Азии является положение в Китае, где только к 2010 г. ставится задача очистки всего лишь половины сточных вод.

Загрязнение рек в Китае

В 1970-е годы сброс бытовых и промышленных поллютантов в Китае составлял около 30 млн т, а к концу 1990-х годов он вырос до 100 млн т. Эти поллютанты в 1995 г. содержались в 37,3 км³ сточных вод, без учета сточных вод поселковых и сельских предприятий. Одновременно резко возрос сток загрязненных вод с сельхозугодий, где резко выросло потребление удобрений и средств защиты растений. В результате число участков рек с загрязнением в конце 1990-х годов удвоилось по сравнению с оценками 1984 г., а в озерах и водохранилищах усилился процесс эвтрофирования. Даже на юге Китая, где нет дефицита воды, загрязнение становится фактором, лимитирующим развитие экономики [Xia Jun, Yongqin David Chen, 2001].

В целом в Азии загрязнение - одна из важнейших социально-экологических и экономических проблем. Основную опасность в регионе в связи с неудовлетворительным состоянием водных объектов представляют патогенные организмы, органические вещества (биогены), тяжелые металлы, пестициды и другие токсичные соединения, взвешенные частицы и соли. Особенно велико загрязнение в странах Южной и Юго-Восточной Азии, а также в Китае. Самыми загрязненными реками мира считаются Хуанхэ и Ганг [Глобальная экологическая..., 2002]. Большинство рек и водоемов эвтрофированы за счет антропогенного загрязнения биогенами, так как канализацией обеспечено менее половины населения региона. В результате ежегодно от заболеваний, связанных с водой, умирает более 500 тыс. детей, высок общий уровень заболеваемости и потерь трудоспособности.

Исследования водных ресурсов Китая, проводимые в связи с глобальным потеплением, показывают, что с конца 1980-х годов отмечена хорошо выраженная тенденция к росту приземной температуры, снижению осадков и стока, в особенности в северо-западной аридной части Китая (Синьцзян-Уйгурский автономный район) и на севере восточной части Китая, которая нередко страдает от засух.

Как было отмечено выше, водосборы рек в Китае уже давно освоены. Во второй половине XX в. идет их дальнейшее ускоренное освоение. Поэтому естественный гидрологический режим рек нарушен, водный цикл, эрозионные процессы дестабилизированы, качество воды в водных объектах снижается. Исследования в верховьях р. Янцзы на площади, составляющей более половины водосбора реки, привели к весьма серьезному заключению: в результате глубокого освоения территории, роста населения, уничтожения естественных экосистем создалась ситуация, когда в повестке дня приоритетно должна стоять не проблема получения услуг в сфере водопользования, а вопрос о его неистощительности, о восстановлении окружающей среды этой части водосбора, в первую очередь естественных экосистем, до уровня, при котором обеспечивается устойчивость воспроизводства водных ресурсов. Катастрофические последствия нарушений окружающей среды в водосборе р. Янцзы показаны на рис. 2.2.3 и 2.2.4. На них отчетливо проявлена тенденция резкого роста частоты паводков и частоты особо катастрофических паводков.

Таким образом, на огромном континенте продолжается неэффективное использование водных ресурсов, загрязнение водных объектов как из точечных, так и из диффузных источников,

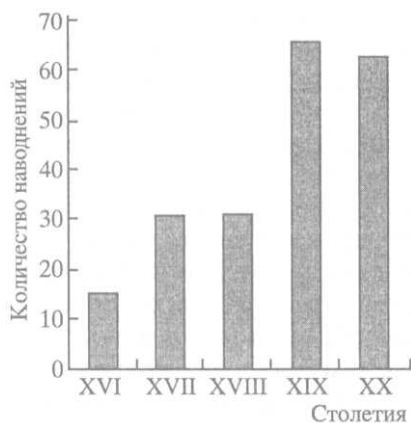


Рис. 2.2.3. Частота наводнений на р. Янцзы в XVI-XX вв. [Fang Yi-ping, Chen Guo-jie, 2003]

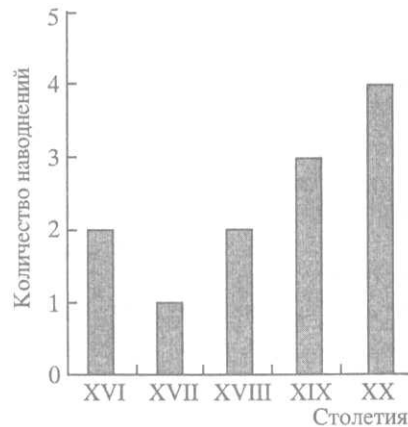


Рис. 2.2.4. Частота крупнейших наводнений на р. Янцзы в XVI-XX вв. [Fang Yi-ping, Chen Guo-jie, 2003]

эвтрофирование озер и водохранилищ, переэксплуатация подземных вод, разрушение водных экосистем, в особенности ветландов, исчезновение малых рек и озер, строительство крупных гидротехнических сооружений с непредсказуемыми экологическими последствиями. В целом в этом огромном регионе нарастает водный кризис.

2.3. АФРИКА

Поверхностные воды Африки имеют значительно меньшие ресурсы, чем на других континентах (кроме Австралии), и они оцениваются величиной около 4000 км³ [Григорьев, Кондратьев, 1999]. В расчете на душу населения приходится несколько больше воды, чем в Азии, - около 5000 м³ в год (рис. 1.2.5 и 2.3.1). Относительно малая величина водных ресурсов обусловлена природными особенностями континента, 45% территории которого приходится на аридные и экстремально аридные регионы и еще 22% - на семиаридные. Оставшиеся 33%, относящиеся к субгумидным и гумидным регионам, нередко подвержены засухам и постепенно сокращаются вследствие процесса вырубki тропических лесов и опустынивания. Африка - континент, на котором уже четыре десятилетия наблюдаются засухи на больших территориях и проявляется тенденция к снижению стока рек. Такие явления отмечены, в частности, в бассейнах Нила и Замбези.

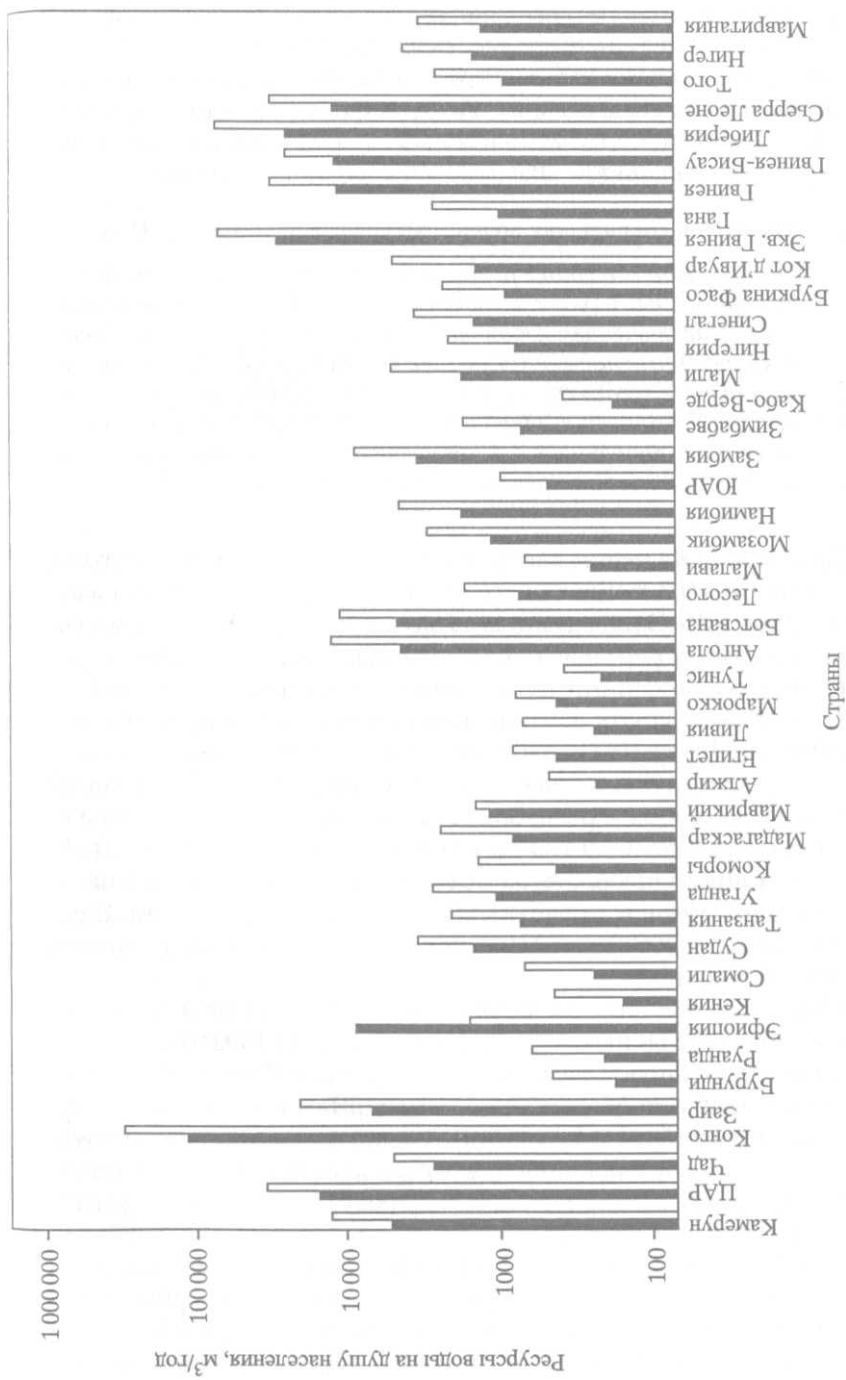


Рис. 2.3.1. Ресурсы воды на одного человека в Африке, м³/год на душу населения [Oueybalide, 2001] Светлые столбцы - 1990 г., темные - сценарий на 2025 г. (спелняя по прогнозам)

Сокращение водных ресурсов африканских рек и увеличение частоты и продолжительности засух связаны не только с климатическими изменениями, но и с процессом постоянного наступления человека на леса и саванну. Разрушение их естественных экосистем и превращение земель в сельскохозяйственные угодья ведут к резкому снижению влагооборота над континентом.

Тенденция сокращения водных ресурсов в водосборе р. Нил

Анализ данных о стоке р. Нил показал тенденцию его снижения начиная с 1960-х годов. В течение последних четырех десятилетий, за исключением небольшого числа лет, среднегодовой сток реки был ниже нормы. Самый низкий сток и шесть из семи случаев очень низкого стока за период 1912-2000 гг. также отмечены после 1965 г. Для Западной Африки, включая верховья Нила, во второй половине XX в. отмечаются регулярные засухи, повторяющиеся с интервалом 7-10 лет [Oyebande, 2001].

Для Африки в целом характерен низкий коэффициент стока, составляющий 0,2, тогда как его среднеглобальная величина имеет значение 0,35. Это связано прежде всего с очень высокими величинами суммарного испарения на континенте. Сток многих рек нерегулярен с большими межгодовыми и сезонными колебаниями. Так, сток крупной западноафриканской р. Нигер в столице Республики Нигер Ниамее в период засух резко падает: в 1974 г. он составлял всего 1, в 1984 - 3 м³ в секунду, а в 1985 г. упал до нуля. В то же время в республике возможны сильнейшие ливни, как, например, ливень в 100 км к северу от Ниамеи в 1985 г., когда выпала полугодовая сумма осадков, сопровождавшийся сильнейшим наводнением с разрушением оросительных систем. В работе [Oyebande, 2001] отмечено, что подобная ситуация типична для всей Африки.

Существенное влияние на водный режим континента оказывает явление Эл-Ниньо - Южное колебание. В 1992/1993 гг. оно вызвало сильнейшую засуху на юге Африки: в Лесото, Свазиленде, Ботсване, части Мозамбика, Малави, Замбии и в Южно-Африканской Республике. В результате этой засухи, подобной которой не было на памяти людей, этот регион, являвшийся чистым экспортером сельхозпродукции, был вынужден импортировать 11,6 млн т продовольствия.

В Африке 88% потребляемой воды используется в сельском хозяйстве для орошения (см. рис. 1.4.3), хотя доля орошаемых земель на континенте невелика и составляет всего 5% общей площади сельскохозяйственных земель [Григорьев, Кондрать-

ев, 1999]; однако оросительные системы недостаточно эффективны. Практически вся Северная Африка представляет собой районы с орошаемым земледелием. Значительную часть воды для орошения берут из подземных водоисточников, которые в Африке обеспечивают 15% потребляемых ресурсов воды. Но, как и во всем мире, здесь происходит переэксплуатация подземных вод.

Дефицит воды и импорт продовольствия

В 1990-е годы Северная Африка, где быстро растет дефицит воды в связи ее ограниченными ресурсами и ростом населения, стала регионом с наиболее быстро растущим импортом зерна. Импорт 1 т зерна эквивалентен импорту 1000 т воды. В результате для стран, испытывающих водный голод, наиболее эффективным способом импорта воды становится импорт зерна при его нынешних ценах. Подсчитано, что импорт зерна в страны Северной Африки и Ближнего Востока по затратам воды на его производство эквивалентен среднегодовому стоку р. Нил [Состояние мира, 1999, 2000].

Если раньше в мире недостаток земли формировал структуру рынка зерна, то в настоящее время ее формирует и дефицит воды, а также неконтролируемый рост населения, что особенно характерно для Африки.

Дефицит воды сильно влияет на структуру экономики. На производство 1 т пшеницы затрачивается 1000 т воды, цена тонны пшеницы на мировом рынке составляет порядка 200 долларов США. В то же время 1000 т воды, используемой в промышленности, в среднем обеспечивает выпуск продукции на 14 тыс. долларов, что в 70 раз превышает результат ее использования в сельском хозяйстве [Состояние мира, 1999, 2000]. Поэтому в странах с дефицитом воды выгоднее развивать промышленное производство. Однако в Африке этому препятствуют бедность, недостаток инвестиций, высокий уровень неграмотности населения, политическая нестабильность.

Особенностью Африки является растущий пресс роста численности и плотности населения. Если в большинстве развивающихся стран начался демографический переход (т.е. изменение режима воспроизводства населения - сокращение рождаемости с одновременным увеличением продолжительности жизни и уменьшением смертности), то во многих странах Африканского континента сохраняется высокий уровень прироста населения - например, в Субсахарском регионе он составляет почти 3% в год. При сохранении подобной тенденции водный

голод во многих странах будет возрастать. В настоящее время около 240 млн человек (почти треть населения континента) живут в странах, где количество доступной воды на душу населения быстро падает или уже упало ниже уровня, необходимого для нормального поддержания жизнедеятельности. Нигде в мире засухи не нанесли такой урон, как в Африке: за 1964-1991 гг. от этих стихийных бедствий пострадало более 120 млн и погибло 675 тыс. человек, тогда как от наводнений за тот же период пострадало 11,5 млн и погибло около 4,3 тыс. человек [Данилов-Данильян и др., 2001].

Не решены в Африке проблемы снабжения населения питьевой водой и системами канализации. Результатом проведения Десятилетия питьевой воды и санитарии (1980-1989 гг.) стал рост обеспеченности питьевой водой в городах с 66 до 77% (к 2001 г. она увеличилась до 82%), но в сельской местности только с 22 до 26% (к 2001 г. - до 47%) [Глобальная экологическая..., 2002; Oyebande, 2001]. К середине 1990-х годов более 300 млн сельских жителей и более 80 млн городских не были обеспечены питьевой водой [Gadgil, 1998]. Многие жители Африки потребляют от 5 до 20 л воды в сутки. Даже там, где есть водоразборные колонки и другие устройства коллективного пользования, суточное потребление воды ограничивается 20-50 л. Городские жители составляют на континенте лишь около трети численности всего населения. Во многих странах Африки ситуация с водоснабжением в конце XX в. даже ухудшилась, прежде всего из-за быстрого роста населения.

Водные проблемы в Африке

В Африке много важных и сложных водных проблем, включая:

- *изменчивость климата и стока;*
- *нехватку воды, связанную с ростом численности населения и повышением стандартов жизни;*
- *рост стоимости водоснабжения, особенно там, где урбанизированы водосборы;*
- *низкий уровень водоснабжения в коммунальном и индустриальном секторах;*
- *загрязнение рек и озер, в урбанизированных районах достигающее такого уровня, что водные объекты опасны для здоровья;*
- *исторически сложившуюся конфликтную ситуацию между странами по поводу распределения воды;*
- *недостаточность данных о водных ресурсах;*
- *низкое качество управления водными ресурсами, не обеспечивающего устойчивого и эффективного водопользования;*

- неадекватность системы образования насущным потребностям развития водного хозяйства;
- отставание уровня научных исследований в области гидрологии и водного хозяйства от мирового уровня [Ouebande, 2001].

Система водоснабжения тесно связана с системой канализации. Из приведенных цифр ясно, что Африка - это континент с наименьшим обеспечением канализационными системами. В сельской местности 45% населения лишено возможности пользоваться ими, но есть целые страны, где канализация практически вообще отсутствует. Значительная часть городского населения - 16% - также не обеспечена системами канализации. Но даже там, где системы водоснабжения и канализации существуют, они часто находятся в неудовлетворительном состоянии. Негативный эффект для водных объектов (но не всегда для здоровья людей) от плохой канализации даже больше, чем от ее отсутствия, поскольку почвенная очистка ведет к гораздо меньшему загрязнению вод, чем прямой сброс неочищенных стоков. Последние обуславливают загрязнение рек - как бактериальное, так и химическое (сточными водами промышленных предприятий), это негативно сказывается на здоровье населения и ведет к высокой заболеваемости, в первую очередь - к широкому распространению диареи. От связанных с ней заболеваний в Африке ежегодно умирает 3 млн человек. На этот континент приходится 72% всех случаев заболевания холерой в мире [Global environment..., 1999].

Только в отдельных странах оросительные сбросные и промышленные сточные воды используются повторно: в Южно-Африканской Республике - 16%, а в Тунисе даже 75%.

Весьма серьезной для Африки является проблема международных вод. Все 17 водосборов континента с площадями более 100 тыс. км² относятся к международным водам, протекающим по территориям от двух до десяти государств. Некоординированное использование вод таких рек ведет к экологическим, экономическим, социальным и политическим конфликтам и ущербам. 75% водных ресурсов Африки сосредоточены в водосборах всего восьми рек: Конго, Нигер, Огове, Замбези, Нил, Санага, Шари-Логоне и Вольта, при этом 50% водных ресурсов принадлежит водосбору р. Конго. Эти реки, их истоки или часть притоков лежат в зоне влажных тропических лесов или зонах муссонных дождей. В бассейнах некоторых рек в настоящее время осуществляется кооперация по использованию и охране вод. Та-

кая кооперация существует, например, между странами водосбора р. Нигер и рек бассейна озера Чад.

Таким образом, Африка - континент с резко выраженным водным голодом, который обусловлен не только особенностями природных условий и в связи с этим относительно малыми ресурсами доступной воды на душу населения, но и быстрым ростом его численности и плотности, бедностью и экономической отсталостью, политической нестабильностью и крайне неэффективным использованием имеющихся водных ресурсов. В условиях глобального потепления проблема дефицита воды может существенно обостриться, водообеспеченность еще более ухудшиться, одним из следствий станет усиление нехватки воды для орошения.

2.4. СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА (США И КАНАДА)

Северная Америка обладает достаточно большими запасами поверхностных водных ресурсов, которые составляют порядка 6440 км³ (вместе с Центральной Америкой), или около 13% мировых запасов. На душу населения здесь приходится более 15 тыс. м³ воды в год (см. рис. 1.2.5), что в 3,5 раза больше, чем в Азии, и в 3 раза - чем в Африке [Григорьев, Кондратьев, 1999].

Территорию Северной Америки занимают две крупные развитые страны - США и Канада. Особенность этих стран - высокая обеспеченность водными ресурсами (хотя в США они не так равномерно распределены, как в Канаде) и относительно малая доля международных вод, к которым в основном относится система Великих озер и р. Святого Лаврентия, а также р. Колорадо на границе США и Мексики.

Динамика использования воды США во второй половине XX в.

Выделяются два периода: 1950-1980 гг., когда водозабор на все нужды постоянно возрастал и к концу периода превысил начальный объем в 1,5-2,5 раза; 1981-1995 гг., когда произошло уменьшение общего водозабора на 10%. Вместе с увеличением численности населения продолжало расти водопотребление в коммунально-бытовом хозяйстве, но во втором периоде темпы роста значительно снизились в сравнении с первым: в первые 30 лет оно возросло в 2,5 раза, в следующие 15 - только на 25%. К 1995 г. около 85% населения США было обеспечено централизованным водоснабжением, на эти нужды 60% воды забиралось из поверхностных источников. В расчете на душу населения расход воды

в коммунальном хозяйстве с 1990 г. по 1995 г. снизился на 1,5% - впервые за полвека.

Главный потребитель воды в США - индустрия, при этом на долю теплоэнергетики в 1995 г. приходилось 88% объема промышленного водопотребления. Водозабор для теплоэнергетики к 1980 г. достиг 290 км³/год, затем снизился примерно до 260 км³/год, из них более 30% составляли соленые воды из поверхностных источников. Водопотребление в остальных отраслях промышленности до 1965 г. росло, затем стабилизировалось на уровне 62-65 км³/год, а с 1980 г. до 1995 г. стало резко снижаться до 36 км³/год, на 40% меньше, чем в 1980 г. Изменения в законодательстве, регулирующие рост тарифов за сброс загрязнений и усиливающие меры по охране и рациональному использованию водных ресурсов, стимулировали внедрение водосберегающих технологий, систем оборотного водоснабжения и рециклирования [Зайцева, 2003].

Общим для всей территории Северной Америки и ее населения является высокий уровень обеспеченности питьевой водой и канализационными системами (см. рис. 1.4.1 и 1.4.2). Вместе с тем, это регион, в котором происходит наиболее интенсивное использование водных ресурсов для нужд промышленности и сельского хозяйства. На территории Канады уровень использования водных ресурсов ниже, чем в США, что обусловлено значительно меньшей численностью (почти на порядок) и плотностью населения и слабой освоенностью северных территорий.

В Канаде вода используется в основном для промышленных нужд и энергетики, а в США, где на западе и юго-западе лежат обширные засушливые территории с интенсивным сельским хозяйством, объемы использования водных ресурсов в промышленности и сельском хозяйстве примерно равны (рис. 1.4.2). Огромный промышленный и сельскохозяйственный потенциал США требует затрат большого количества воды, поэтому в этой стране эксплуатируется до 50% доступных водных ресурсов, а на душу населения используется около 1700 м³ воды в год - больше, чем в других странах мира. Основные показатели водопользования в США для середины 1990-х годов приведены в табл. 2.4.1.

На карте (рис. 1.4.3) показаны территории орошаемых земель в США [Entekhabi et al., 1999], их значительные площади - причина напряженной ситуации с водными ресурсами в ряде регионов. В 1960-х годах даже рассматривались проекты переброски воды из Канады и с Аляски на запад и юг США в объеме до 200 км³ в год. Однако в дальнейшем от этих планов пол-

Таблица 2.4.1. Основные показатели использования воды в США (середина 1990-х годов) [Зайцева, 2003]

Показатель	Значение
Водные ресурсы, км ³ /год	2460
Осадки, мм/год	260
Тыс. м ³ /год на 1 человека	9
Забрано из источников воды, км ³ /год	555
% от водных ресурсов	22
Источники водозабора, %	
Поверхностные пресные воды	65
Подземные пресные воды	20
Соленые воды	15
Использование воды, км ³ /год	470
Структура использования воды, %	
Промышленность	47
Сельское хозяйство	41
Хозяйственно-питьевые нужды	12
Сброс сточных и возвратных вод, км ³ /год	417
Кратность разбавления, <i>n</i> раз	5,9
Безвозвратный расход, км ³ /год	138
% от водозабора	25
% от водных ресурсов	5,6
Использование воды, м ³ /год на 1000 долл. ВВП	80
Коммунально-бытовые нужды населения, л/сут. на 1 человека	695
Орошение, м ³ /год на 1 га	7900

ностью отказались, поскольку в США произошел переход к постиндустриальной экономике с доминированием сферы услуг, индустрии развлечений, высокотехнологичных и наукоемких отраслей (к так называемой "третичной" экономике) при сохранении развитого сельского хозяйства ("первичной" экономики), применяющего более эффективные технологии полива, и с широким распространением технологий повторного использования вод в традиционных отраслях промышленности (во "вторичной" экономике). Для отказа от подобных проектов существенными были и другие факторы: высокая стоимость реализации и опасность серьезных экологических последствий крупных межбассейновых перебросок стока. Перевод экономики США на постиндустриальный путь и последовательно проводимые меры по рационализации водопользования привели к тому, что в конце XX в. водозабор из источников снизил-

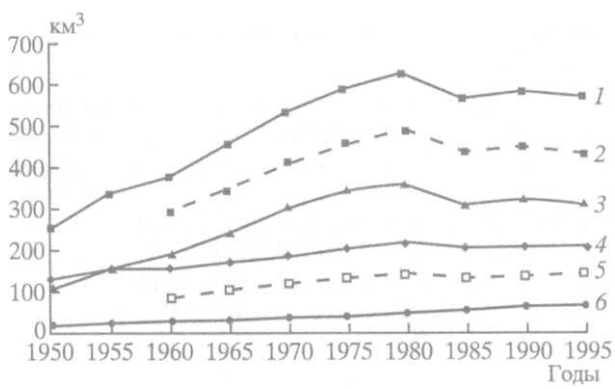


Рис. 2.4.1. Динамика использования воды в США [Зайцева, 2003]

1 - общее водопотребление, 2 - сброс сточных вод, 3 - промышленное водопотребление, 4 - сельскохозяйственное водопотребление, 5 - безвозвратный расход, 6 - коммунально-бытовое водопотребление

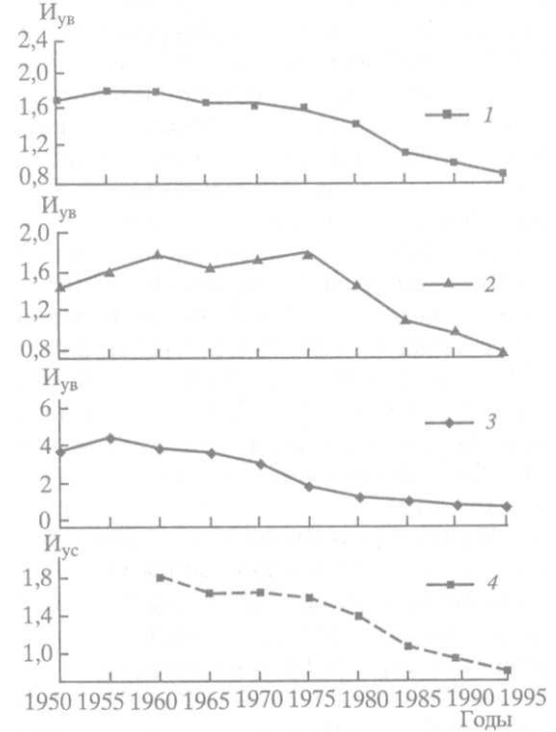


Рис. 2.4.2. Индексы удельного водопотребления $I_{ув}$ и сброса $I_{ус}$ сточных вод в США [Зайцева, 2003]

1 - общее удельное водопотребление, 2 - промышленное удельное водопотребление, 3 - сельскохозяйственное удельное водопотребление, 4 - удельный сброс сточных вод

ся на 10-12% при росте населения на 16% (рис. 2.4.1 и 2.4.2), в то время как в Канаде, где эти процессы проходили с запаздыванием относительно США и существенно медленнее, за тот же период водозабор вырос в три раза при росте населения всего на 3% [Глобальная экологическая..., 2002].

Повторное использование (рециклирование) воды в промышленности США

Интенсификация экономики Соединенных Штатов в последней четверти XX в., возможно, наиболее ярко проявилась в многократном увеличении повторного использования каждого куб. м воды в промышленности в 2000 г. по сравнению с 1968 г. Так, в бумажной промышленности каждый кубометр воды стал использоваться 11,6 раза вместо 2,9, в первичной переработке металла - 17,1 раза вместо 2,3. Но наибольший рост рециклирования отмечен в химической промышленности - с 2,1 раза в 1968 г. до 28 раз в 2000 г. [Helmer, 1997].

Сельское хозяйство США развивалось по экстенсивному пути, в том числе и в водопользовании. С середины 1950-х годов проявилась тенденция к сокращению использования воды, и к 1980 г. оно снизилось в три раза в сравнении с 1955 г. за счет уменьшения водоемкости производства [Зайцева, 2003]. В последующие годы в сельском хозяйстве Северной Америки использование воды в целом почти не сокращалось, но и не увеличивалось, поскольку в 1980-е годы практически приостановилось расширение площади орошаемых земель: за период с 1981-1983 гг. по 1991-1993 гг. их площадь (включая Мексику) возросла всего на 1% [Григорьев, Кондратьев, 1999]. Это связано с тем, что в засушливых районах США доступные водные ресурсы для орошения в значительной степени исчерпаны, особенно на юго-западе США, где активно эксплуатируются запасы пресных подземных вод из огромного резервуара Огалала, и на западе, где широко используются поверхностные воды бассейна р. Колорадо. На рис. 2.4.3 показано распределение орошаемых земель по территории США.

Во многих районах в результате интенсивной откачки уровень подземных вод понизился уже на десятки метров, идет интенсивное истощение водоносного пласта и его вековых запасов, формирование депрессионных воронок, наблюдаются просадки земной поверхности. В водосборе р. Колорадо, как отмечено выше, давно произошла катастрофа по типу "Аральской". Во всех американских штатах в связи с этим были также приняты законы о регламентации использования подземных вод.

Другая причина прекращения прироста площади орошаемых земель заключается в том, что доступные при нынешних технологиях для эффективного земледелия и пастбищ земли используются почти полностью, такие территории занимают сейчас почти 50% территории США, еще около 5% приходится на городские поселения [The quality..., 1999].



Рис. 2.4.3. Размещение орошаемых земель в США, 1987 г. Каждая точка соответствует 5000 акрам

Из 200 млн т мирового экспорта зерна Северная Америка обеспечивает значительно более половины, в том числе США около 100 млн т. Вместе с тем, сельское хозяйство дотируется, и даже поощряется отказ фермеров от возделывания наименее продуктивных земель. В целом юго-запад и запад США, а также зона производства зерновых в Канаде в маловодные годы испытывают нехватку воды, что в засушливые годы ведет к снижению урожая всех или некоторых видов культур, как это имело место в 2002 г. Но это не приводит к сокращению производства продуктов питания, так как США и Канада имеют значительные запасы продовольствия и всегда могут выйти на мировой рынок для приобретения сельскохозяйственного сырья. Скорее, такие ситуации могут влиять на рост цен на внутреннем и мировом рынках продовольствия.

Антропогенное преобразование больших площадей в пределах водосборов рек в целях сельскохозяйственного производства, а также промышленное и дорожное строительство ведут к изменению условий поверхностного стока. Широко распространены сооружение различных объектов в зонах потенциального затопления во время особо сильных паводков, замена естественных почвенных покровов в городах водонепроницаемыми покрытиями, сужение основного русла обвалованием, набережными и т.д.

Тем самым затрудняются условия для пропускания волны паводка. В результате при одних и тех же исходных условиях формирования паводка его максимальный уровень может существенно повышаться, все это наблюдается на реках Северной Америки и ведет к росту ущерба.

Великие озера Северной Америки

В Великих озерах содержится 18% мировых запасов пресных вод. Многие годы озера подвергались загрязнению промышленными, коммунальными и сельскохозяйственными сточными водами. Озеро Эри стало "мертвым" из-за загрязнения, в озерах бурно протекал процесс эвтрофирования. С 1972 г. Канада и США начали систематическую работу по очистке Великих озер, в результате чего был резко снижен сброс загрязнителей из наземных точечных источников. С 1987 г. начата работа по снижению поступления фосфатов, загрязнителей из атмосферы (до 96% полихлорированных бифенилов доставляется воздушным путем) и по реабилитации загрязнения донных отложений для снижения вторичного загрязнения.

Масштабное использование доступных водных ресурсов в США и обжитой части Канады привело к серьезным экологическим и социально-экономическим проблемам, в первую очередь - к загрязнению поверхностных и подземных вод. В конце 1960-х годов 40% водных систем США, на которых велись наблюдения, были загрязнены так, что не могли использоваться для ловли рыбы и купания. Огромные массы загрязнителей сбрасывались в Великие озера. В связи с этим был принят Акт о чистой воде (1972 г.). С этого времени частный и общественный секторы затратили более 500 млрд долл. на контроль и очистку сточных вод, главным образом коммунальных и промышленных точечных источников загрязнения [The quality..., 1999]. Негативным явлением следует признать потерю прибрежных водноболотных угодий; в последнее десятилетие прошлого века за год утрачивалось 8000 га водноболотных угодий, в настоящее время - 400 га [Van Dyke, Wassen, 2005].

Хотя был достигнут определенный прогресс в повышении качества природных вод, что особенно ярко проявилось на примере Великих озер, оказалось, что интенсификация сельского хозяйства и рост городских поселений и населения в целом привели к масштабному росту диффузного загрязнения в результате ливневого стока с городских территорий, смыва с сельскохозяйственных полей, пастбищ и животноводческих комплексов избытка удобрений, пестицидов и гербицидов, а также основных биоге-

нов и химических препаратов, используемых для цветников и лужаек при домовладениях. Этот тип рассеянного загрязнения стал новым вызовом двух последних десятилетий XX в. и определил задачу его снижения в XXI в. В связи с этим Конгресс США в 1991 г. выделил деньги на Национальную программу оценки качества воды (NAWQA) для обследования 50 главных водосборов страны, водные ресурсы которых обеспечивают 60% населения США.

Исследования первого этапа, проведенные в рамках NAWQA [The quality..., 1999], показали, что реки и подземные воды исследуемых водосборов с достаточно развитым земледелием и городскими поселениями практически все содержат смесь биогенов с пестицидами. Концентрации азота и фосфора везде таковы, что они вызывают рост растительности в водотоках и других водных объектах и ведут к их эвтрофированию. Сильное загрязнение азотными соединениями отмечено также в неглубоко залегающих (менее 30-35 м) водоносных горизонтах, обычно используемых для водоснабжения. В них концентрация азотных соединений достигает величин, опасных для здоровья населения.

По крайней мере один пестицид был обнаружен в пробах воды, взятых из всех наблюдаемых поверхностных водоисточников и более чем из половины неглубоких колодцев, а также во всех выловленных рыбах; однако обычно в воде находят хотя бы два вида пестицидов. Загрязнение грунтовых вод диффузным стоком поллютантов особенно опасно, так как 50% городского населения и 90% сельского получают питьевую воду из подземных источников. Однако обычно концентрации отдельных пестицидов в образцах из колодцев и среднегодовые в пробах из рек ниже стандартов, установленных для питьевой воды. Но пока такие стандарты разработаны только для 46 пестицидов и их метаболитов из используемых 83. Воздействие пестицидов на водные организмы регулируется совместным специальным руководством США и Канады, устанавливающим нормы для 28 наименований пестицидов. Более чем в половине исследуемых водосборов концентрации по крайней мере одного пестицида превышают установленные руководством величины.

Использование больших масс удобрений, потребление которых в США выросло за последнюю треть XX в. на 30% и превысило 22 млн т, ведет к загрязнению нитратами поверхностных и подземных вод, а создание промышленных систем выращивания скота - к бактериальному загрязнению.

Нитраты в подземных водах Северной Америки

В "пшеничном поясе" Канады и в 49 штатах США, где питьевую воду потребляют в основном из скважин, нитраты остаются одной из важных проблем, особенно для детей, так как их попадание в организм ребенка, особенно в младенческом возрасте, вызывает тканевую гипоксию, синюшность и диарею [Глобальная экологическая..., 2002].

Одной из особенностей США является загрязнение подземных вод утечками из подземных хранилищ нефтепродуктов, кислот, промышленных растворителей и других химикатов. Проверкой в 1998 г. были обнаружены протечки в 100 тыс. резервуаров для хранения нефти. Сейчас осуществляется программа по ликвидации протечек.

Одним из источников диффузного загрязнения является атмосфера. Так, на территории США ежегодно выпадает из атмосферы 3 млн т азота, основная часть его имеет антропогенное происхождение (его соединения образуются при сжигании ископаемого топлива). Исследования, проведенные в Чезапикском заливе, показали, что 25% азота поступает в его воды из атмосферы. В атмосферном воздухе, дождевых и снежных осадках и тумане на всей территории обнаруживаются различные пестициды с наиболее высокими концентрациями в период их массового использования весной и летом.

Точечные источники загрязнения в Северной Америке, в отличие, например, от Азии и Африки, обеспечиваются очистными сооружениями и регулируются законодательством, хотя отдельные опасные выбросы поллютантов все же случаются. Сейчас главным источником загрязнения стали диффузные источники. В США они обеспечивают поступление в водные объекты до 90% азота и 75% фосфора, большей части пестицидов, а также бактериальное загрязнение. Объем использования пестицидов в США после быстрого роста в 1970-х годах в настоящее время стабилизировался на величине 450 тыс. т в год, или около 1,5 кг на душу населения. В виде удобрений ежегодно используется около 12 млн т азота и 2 млн т фосфора.

Таким образом, диффузное загрязнение для Северной Америки является одной из серьезнейших экологических проблем, как и для развитых стран Европы. Если на нормализацию сброса из точечных источников загрязнения вод США за четверть века истратили 0,5 трлн долл., то решение проблемы диффузного загрязнения может потребовать гораздо больших затрат. Между тем диффузное загрязнение, помимо негативного воз-

действия на водные организмы, ведет и к ухудшению здоровья населения, так как ряд пестицидов относится к суперэкоотоксикантам, которые, накапливаясь в организме человека, воздействуют на его эндокринную, нервную, репродуктивную системы и работу мозга. Это, следовательно, серьезная социально-экономическая проблема, возникшая как результат интенсивного потребления экологического ресурса водных объектов и наземных экосистем водосборов - важнейшего ресурса экономики, который следует рассматривать в первую очередь как ресурс обеспечения жизни.

Сейчас в США и Канаде проводится много исследований, связанных с глобальным потеплением и его влиянием на водные системы континента. Предполагается усиление засух в степной зоне Канады и на Великих равнинах США, в связи с чем возникнут потребности в дополнительной воде для орошения [Doll, 2002]. Возможен рост наводнений на реках снегового питания при выпадении дождей в период снеготаяния, вероятно также большая частота выхода ураганов (в том числе катастрофических, сопровождающихся наводнениями) на территорию юго-востока США; в целом же на основе анализа тенденций стока за период около 70 лет на значительной части США ожидается рост стока и уменьшение количества экстремумов [Kundzewicz, 2003a, 2003b].

2.5. ЮЖНАЯ АМЕРИКА (ВКЛЮЧАЯ МЕКСИКУ, ЦЕНТРАЛЬНУЮ АМЕРИКУ И КАРИБСКИЙ РЕГИОН)

Южная Америка (включая Мексику, Центральную Америку и Карибский регион) обладает крупными запасами доступных пресных вод, которые оцениваются величиной порядка 9530 км³ в среднем в год, что составляет более 30% мировых запасов. На душу населения здесь приходится 29 790 м³ в год [Григорьев, Кондратьев, 1999] (рис. 1.2.5). В Южной Америке протекает самая крупная в мире река - Амазонка со средним годовым расходом в устье более 200 тыс. м³/с. Природные условия региона способствуют более или менее равномерному обеспечению доступными водными ресурсами, за исключением относительно узких полос аридных и полуаридных районов на севере Мексики, на северо-востоке Бразилии, в узкой прибрежной полосе Перу и частично Чили, на части территории Аргентины. Особый регион представляют Карибы - острова, где основным источником пресной воды служат осадки, а на ряде островов используют опресненную морскую воду.

Все страны региона относятся к развивающимся. Крупнейшее по населению (около 50%) и территории (около 50%) государство - Бразилия. Большая часть Бразилии занята водосборами двух крупнейших рек Южной Америки - Амазонки и Параны (в нижнем течении вместе с рекой Уругвай - Ла-Плата). Если водосбор р. Амазонки почти полностью лежит в пределах Бразилии, за исключением верховьев, то р. Ла-Плата - Парана представляет собой международный водоток, ее водосбор распределен между Бразилией, Боливией, Парагваем, Уругваем и Аргентиной.

Водосбор р. Ла-Платы представляет собой район с наиболее интенсивным использованием водных ресурсов в Южной Америке. Здесь проживает 50% населения стран, через которые протекает Ла-Плата, или более трети населения континента. В границах водосбора реки, составляющего 3 млн км², создается 70% годового национального продукта пяти стран [Тисси, 2001]. Этот водосбор служит примером постепенного нарастания антропогенных изменений в бассейнах рек и все большего использования водных ресурсов по мере роста населения и экономики в Южной Америке. Но он также служит примером совместного освоения водных ресурсов международных рек в Южной Америке.

Этапы освоения водных ресурсов в Южной Америке

В начале второй половины XX в. в Южной Америке началась активная инвентаризация водных ресурсов и развитие водоснабжения населения, а также строительство небольших электростанций. В период 1960-1970 гг. начинается реализация крупномасштабных водохозяйственных проектов. В 1970-1980 гг. сооружаются гидроэнергетические и водохозяйственные объекты, выявляется их экологическое воздействие, растет сброс неочищенных промышленных и бытовых вод и их влияние на состояние водных экосистем и качество воды, появляется законодательство по охране окружающей среды. В 1980-1990 гг. международные инвестиции в гидроэнергетику снижаются, растет ущерб от паводков, на северо-востоке Бразилии усиливаются засухи, ухудшаются санитарные условия в городах, растет загрязнение водных объектов. В 1990-2000 гг. появляется законодательство по управлению водными ресурсами, увеличиваются инвестиции в создание систем канализации, прилагаются усилия по охране окружающей среды в водосборе Амазонки и ряде других районов [Тисси, 2001]. Доля орошаемых земель в Южной Америке невелика - за период с 1981-1983 по 1991-1993 гг. она выросла с 7 до 9% от площади сельскохозяйственных земель [Кондратьев, Григорьев, 1999], без учета Мексики, где орошение служит основой сельского хозяйства и сильно зависит от подземных вод, обеспечивающих треть орошаемых площадей.



Рис. 2.5.1. Использование водных ресурсов в бассейне р. Ла-Плате - Паране [Тисси, 2001]

На р. Ла-Плате и ее притоках работает 11 гидроэлектростанций и расположено 20 водоаккумулирующих водохранилищ, используемых в том числе для орошения (рис. 2.5.1). После 1960-х годов шло интенсивное сельскохозяйственное освоение водосбора реки с уничтожением лесов, в результате чего естественный растительный покров сохранился только на 5% территории водосбора. Особенно интенсивное освоение реки и ее водосбора происходило в Бразилии, гидроэлектростанции которой производят более 70% электроэнергии, получаемой в бассейне реки, и обеспечивают около 90% потребности страны в энергии.

Интенсивное гидротехническое строительство изменило режим реки, землепользование усилило эрозию на водосборе, сток наносов и заиливание водохранилищ. В бассейне реки отмечен значительный рост стока: по сравнению с предыдущими годами он за период 1970-1990 гг. вырос в среднем на 25-30% [Tucci, 2001]. Это, с одной стороны, способствовало увеличению выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях, а с другой стороны, привело к тому, что в 1980-х годах паводки стали вызывать значительный ущерб. Остается неясным, является ли рост стока в водосборе р. Ла-Платы следствием антропогенного воздействия, глобального потепления или интенсификации явления Эль-Ниньо - Южное колебание. Возможно, это совместный эффект.

Другие крупные и средние реки Южной Америки затронуты хозяйственной деятельностью людей меньше, чем реки водосбора Ла-Платы, или даже слабо, поэтому в целом в этом регионе нельзя говорить о водном голоде, за исключением, как было отмечено выше, относительно ограниченных аридных и полуаридных районов.

Площадь орошаемых земель в регионе к концу XX в. достигла 18 млн га. Доля затрат воды на орошение в общем водозаборе составляет от 56% в Карибском регионе до 78% в Центральной Америке. Использование воды в сельском хозяйстве неэффективно. На промышленные нужды потребляется в год 15 км³ воды, из которых 80% приходится на наиболее промышленно развитые страны - Бразилию и Аргентину.

Основными районами водного голода в Южной Америке остаются Мексика, потребляющая в основном подземные воды, острова Карибского моря, подчас собирающие и использующие дождевую воду, северо-восточный район Бразилии.

Особенностью Южной Америки является характер расселения людей. Хотя регион в целом относится к развивающемуся миру, уровень его урбанизации достиг или даже превышает уровень урбанизации развитых стран. В большинстве южноамериканских государств более 75% населения проживает в городах, причем в крупных. Но на этом урбанизированном континенте бедность городского населения не ниже, а иногда выше уровня бедности сельского населения. В целом в южноамериканских странах именно городская беднота составляет основную долю бедного населения. Именно в городах наблюдается водный голод, связанный с недостаточной обеспеченностью населения питьевой водой и системами канализации. Значительная часть населения проживает в сквоттерских поселениях - фавелах. Это трущобы, построенные без планировки из подручных материалов,

где отсутствуют часто даже примитивный водопровод, канализация и системы отвода ливневых вод.

В 2000 г. в Южной Америке питьевой водой не были обеспечены 78 млн человек, а системами канализации - 117 млн [Global environment..., 1999]. Даже в относительно благоустроенных районах городов часто отсутствуют очистные сооружения для бытовых и промышленных сточных вод (очистка той или иной степени осуществляется только на 13% канализационных систем), в водопроводных системах наблюдаются большие утечки воды, а при сильных дождях переполняются системы ливневой канализации. Таким образом, города Южной Америки служат основными источниками загрязнения поверхностных и подземных вод, здесь характерны жертвы среди населения и значительный ущерб в результате наводнений. Однако в ряде стран существенный вклад в загрязнение вод стало вносить и сельское хозяйство.

Загрязнение воды диффузными источниками в Южной Америке

Интенсификация сельского хозяйства в последней четверти XX в. привела к росту загрязнения водных объектов в связи с резким увеличением использования удобрений и пестицидов. Это привело к эвтрофикации многих озер, водохранилищ и прибрежных лагун. Например, в Коста-Рике уровень концентрации нитратов достиг или превысил международные стандарты как в столице, так и в сельской местности. Рост концентрации нитратов выявлен даже в реках Амазонке и Ориноко [Глобальная экологическая..., 2002].

Сценарии климатических изменений для Южной Америки отмечают, что в результате дальнейшего глобального потепления в зонах оледенения возрастет сток за счет усиления таяния льда, ожидается увеличение частоты паводков и наводнений, увеличение интенсивности тропических циклонов (ураганов). Для многих территорий ожидается снижение урожайности основных культур, в районах орошаемого земледелия возникнут дополнительные потребности в воде [Doll, 2002].

2.6. АВСТРАЛИЯ И ОКЕАНИЯ

Австралия и Океания обладают годовым запасом воды порядка 1614 км³ в год, но на душу населения здесь приходится самое большое количество воды по сравнению с другими регионами - 56,5 тыс. м³ в год [Григорьев, Кондратьев, 1999]. Это обусловлено в первую очередь малочисленностью населения в регионе. Здесь

также практически нет международных рек, так как отдельные государства полностью владеют континентом или островами.

В целом при достаточно больших доступных запасах воды регион не испытывает водного голода, хотя отдельные территории, но с малой численностью населения, испытывают недостаток воды. Это обширные, но слабо заселенные пустыни Австралии и отдельные острова Океании, на которых практически нет рек и поэтому водоснабжение осуществляется за счет сбора дождевой воды. Уровень обеспечения питьевой водой в целом высокий - 88% населения получает питьевую воду из водопроводов. Обеспеченность канализацией еще выше - 93% населения.

Наибольшие проблемы с загрязнением водных объектов испытывает промышленно развитая Австралия. Поверхностные воды Австралии существенно загрязнены в результате хозяйственной деятельности человека взвешенными наносами, биогенами и токсичными тяжелыми металлами. Рост наносов и биогенов обусловлен сведением лесов на водосборах рек и трансформацией земель в сельскохозяйственные поля и пастбища, что резко повышает эрозию и способствует выносу в водные объекты азота и фосфора, включая остатки удобрений и пестицидов. Это ведет к эвтрофированию водных объектов и деформации естественных водных экосистем. Токсичные вещества и тяжелые металлы поступают в реки и другие водные объекты с городскими сточными водами. Это определило создание системы мониторинга и улучшения качества воды на уровнях от локальных сообществ до штатов и территорий.

Таким образом, регион Австралии и Океании представляет собой один из наиболее благополучных регионов мира, в котором достигнут высокий уровень обеспеченности питьевой водой и канализационными системами, сравнимый с развитыми странами, и в то же время с меньшим уровнем загрязнения, чем в этих странах. Наконец, в Австралии - стране с наибольшим уровнем загрязнения вод в регионе принимаются серьезные меры по его снижению на всех административных уровнях при участии бизнеса.

Анализ долговременных рядов наблюдений на австралийских реках не выявил сигнала глобального потепления, но сценарии, основанные на модельных оценках, предполагают рост засух во многих районах Австралии и Новой Зеландии, заметные отклонения от среднего Эль-Ниньо - Южного колебания, что может приводить к непредсказуемым последствиям. Ожидается также рост интенсивности дождей и тропических циклонов с соответствующими потерями жизни людей и ростом ущерба.

2.7. СОДРУЖЕСТВО НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

Средние годовые доступные запасы пресных вод на территории СНГ достигают 4550 км^3 , что в душевом исчислении соответствует величине порядка $17\,500 \text{ км}^3$ в год. Это весьма высокая водообеспеченность. Однако распределяются водные ресурсы по территории крайне неравномерно: основная доля приходится на территорию России, где доступные возобновляемые запасы воды составляют 4260 км^3 , а на душу населения приходится более $29\,000 \text{ км}^3$. В России сосредоточено около четверти мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод.

Близкая по размерам водообеспеченность характерна для Белоруссии и несколько ниже для Украины, в то время как в странах СНГ, расположенных в Центральной Азии, на душу населения приходится всего порядка 1200 м^3 в год. Эти контрасты связаны с природными условиями и численностью и плотностью населения. Россия расположена в умеренной зоне с достаточно высоким уровнем осадков и малой плотностью населения, тогда как Центральная Азия - это зона пустынь и полупустынь с высокой плотностью населения, проживающего в долинах рек. В южной части этой территории находятся высокие горы, которые служат поставщиками воды для пустынных предгорных равнин. Суммарный средний многолетний сток рек бассейна Аральского моря для средней обеспеченности составляет $126,9 \text{ км}^3$ в год [Проблема территориального..., 1985]. Население этой территории приближается к 50 млн человек и продолжает быстро расти (за исключением Казахстана), тогда как в России идет сокращение численности населения.

В республиках Закавказья и в Молдавии отмечается низкая водообеспеченность, но все же выше, чем в республиках Центральной Азии.

Для отдельных районов всех стран СНГ характерны такие явления, как наводнения и селевые потоки. Наводнения - это наиболее частое явление по сравнению с другими катастрофическими природными явлениями, только в Центральной Азии, на Кавказе и в Забайкалье к ним по частоте приближаются землетрясения. На территории России практически каждый год случаются наводнения относительно редкой повторяемости в том или ином достаточно обширном регионе. Они приносят наибольший ущерб по сравнению с другими опасными природными явлениями, в среднем в последнее пятилетие он составляет около 40 млрд руб. в год (в ценах 2001 г.) [Данилов-Данильян и др., 2004].

На территории СНГ в последнее десятилетие наблюдаются изменения стока рек. На значительной части территории отмечено повышение стока, причем наиболее заметное на реках Урал и Волга. Наиболее существенно увеличился подземный сток. Одновременно отмечено повышение уровня грунтовых вод и влагозапаса в почве. Произошли и заметные сезонные изменения стока - увеличение стока зимней и летне-осенней межени, а доля весеннего стока в годовом в большинстве случаев снизилась. Эти изменения связаны с повышением сумм годовых и сезонных осадков, ростом температуры воздуха, особенно зимой, что привело к учащению зимних оттепелей, более позднему ледоставу и раннему вскрытию рек. Но сказалось также снижение за эти годы изъятия воды из рек и сокращение безвозвратных потерь стока. В республиках Центральной Азии быстро таяли и отступали ледники, что также дало прибавку к стоку рек этого региона.

Серьезным отличием России от других стран СНГ помимо водообеспеченности служит отсутствие в ней значительного трансграничного речного стока (в сопоставлении с общим объемом водных ресурсов). В Центральной Азии все крупные реки относятся к международным водам, так же как и в остальных республиках, входящих в СНГ. Поэтому оба субрегиона рассматриваются отдельно.

В России основная часть речного стока формируется в пределах ее территории, речные водные ресурсы располагаются по территории более или менее равномерно, уменьшаясь в южных равнинных районах европейской части, Западной и Восточной Сибири. Их величина на душу населения в субъектах федерации зависит от численности и плотности населения, поэтому она существенно снижается в наиболее населенных районах Северного Кавказа, где составляет порядка 1800 м^3 в год на человека. В этом районе нередко отмечается нехватка воды, особенно в засушливые годы, а водные ресурсы используются достаточно интенсивно. Характеристики водообеспеченности регионов России приведены в табл. 2.7.1.

В России насчитывается 2220 больших, средних и малых водохранилищ с объемом от 1 млн м^3 и более, в том числе с емкостью свыше 10 млн м^3 [Эдельштейн, 1998]. Водозабор из водоисточников составляет около 90 км^3 в год (2000 г.). Эксплуатационные запасы подземных вод составляют 30 км^3 в год, а извлекается из недр около 11 км^3 в год, в основном на хозяйственно-питьевые нужды. В ряде местностей происходит переэксплуатация

Таблица 2.7.1. Удельная водообеспеченность экономических районов России [Бобылев, 2003а]

Экономические районы	Водообеспеченность, тыс. м ³ /год	
	на 1 км ² территории	на душу населения
Северный	349	90,6
Северо-Западный	455	11,6
Центральный	232	3,9
Центрально-Черноземный	125	2,7
Волго-Вятский	577	18,2
Поволжский	503	17,3
Северо-Кавказский	195	4,3
Уральский	157	6,6
Западно-Сибирский	241	44,7
Восточно-Сибирский	273	136
Дальневосточный	290	297
Россия в целом	250	28,5

подземных вод, например, в районах Москвы, Брянска, Курска, Санкт-Петербурга, с понижением уровня воды на 65-150 м.

Водозабор в России составляет менее 2% от доступных водных ресурсов (см. рис. 1.4.1). Основная часть извлекаемой воды - 64% - используется в промышленности, а оставшаяся часть - в сельском хозяйстве и для коммунально-бытовых нужд примерно в равных долях - 17 и 19%. Данные о водопользовании в России за период с 1980 по 2002 г. приведены в табл. 2.7.2, а динамика использования воды - на рис. 2.7.1.

Наименее обеспечены водными ресурсами Прикаспийская низменность и Северный Кавказ, причем последний в силу высокой плотности населения.

Динамика использования воды в России

В период с 1965 до середины 1970-х годов, отмеченный высокими темпами экономического роста, активно росли все хозяйственные воздействия на водные ресурсы, потребление воды увеличилось за эти годы в 2-2,5 раза. С 1975 до конца 1980-х годов рост экономики замедлился, кроме того, стали внедряться водосберегающие технологии, и воздействие на водные ресурсы практически стабилизировалось. В сравнении с 1970 г. к 1990 г. количество оборотной и последовательно используемой воды увеличилось в три раза. Сократился более чем на 30% объем воды для орошения, по-видимому, в связи с повышением естественной увлажненности на юге европейской части России [Зайцева, 2003].

Таблица 2.7.2. Основные показатели водопользования в России за 1980-2002 гг. [Думнов, Борисов, 2003]

Показатели	1980	1985	1990
Количество отчитывающихся водопользователей, тыс. объектов	32,4	44,7	48,6
Забор воды из природных источников для использования ³	113,3	114,7	106,1
В том числе:			
из поверхностных источников	101,9	103,4	93,2
из подземных источников	11,4	11,3	12,9
Использовано свежей воды, всего ³	99,8	102,2	96,2
В том числе на нужды:			
хозяйственно-питьевые	11,7	13,9	14,6
производственные	64,4 ⁴	61,64	54,1
Из них питьевого качества	4,3	4,3	5,3
для орошения и сельхозводоснабжения	23,0	23,9	20,5
Расходы в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, всего	110,2	145,7	170,6
В том числе повторного и последовательного водоснабжения		12,5	9,8
Процент экономии воды за счет оборотного и последовательного водоснабжения	63 ⁴	70 ⁴	76
Потери при транспортировке	8,1	9,1	8,4
Водоотведение (сброс) в поверхностные водные объекты	72,2	74,7	75,2
В том числе сброс:			
загрязненных сточных вод	15,4	12,0	27,85
Из них:			
загрязненных без очистки	8,2	5,3	8,5 ⁵
недостаточно очищенных	7,2	6,7	19,3 ⁵
нормативно-чистых сточных вод	46,6	48,7	44,4 ⁵
нормативно-очищенных сточных вод	10,2	14,0	3,2 ⁵

³ Без учета откачиваемых и неиспользуемых шахтно-рудничных вод, транзитной воды для перераспределения стока и некоторых других видов водозабора для целей, не связанных с непосредственным водопотреблением (порядка 10 км³/год); с учетом морской воды. В 1980 г. и 1985 г. оценочный общий водозабор.

⁴ Включая водопотребление в прудово-рыбном хозяйстве и для поддержания пластового давления (примерно 5 км³/год).

⁵ Изменения показателей, характеризующих сброс отдельных категорий сточных вод в 1985-1991 гг., в значительной степени определялись повышением требований водоохраных органов к качеству сбрасываемых в водоемы стоков и организованным переводом сточных вод из категории нормативно-очищенных и нормативно-чистые в категорию загрязненные.

1991	1993	1995	1998	1999	2000	2001	2002
49,6	52,6	53,9	53,5	52,9	51,3	50,8	50,1
107,5	94,9	80,6	76,4	77,9	75,9	74,6	72,7
94,4	82,2	68,7	64,5	67,6	65,7	64,0	62,9
13,1	12,7	11,9	11,9	10,3	10,2	10,0	9,8
95,4	85,1	75,8	66,2	67,7	66,9	66,8	64,9
14,7	14,6	14,2	13,7	13,3	13,6	13,6	13,6
52,8	46,0	39,7	37,0	39,1	38,8	39,2	38,2
5,3	4,7	4,1	3,6	4,1	3,7	3,8	3,9
20,9	17,0	14,6	11,2	11,3	10,6	10,1	9,5
171,9	153,6	137,8	123,4	127,2	133,5	133,2	133,8
10,2	8,5	6,7	...	6,3	6,4	6,6	6,4
76	77	78	77	76	77	77	78
9,1	8,1	8,1	8,1	8,4	8,5	8,6	8,4
73,2	68,2	59,9	55,7	54,8	55,6	54,7	54,7
28,0	27,2	24,5	22,0	20,7	20,3	19,8	19,8
8,4	8,4	6,6	6,2	5,0	4,5	4,4	4,1
19,6	18,7	17,9	15,8	15,6	15,7	15,4	15,7
42,3	38,4	33,0	31,2	31,7	32,9	32,4	32,6
2,9	2,6	2,3	2,5	2,5	2,4	2,5	2,3



Рис. 2.7.1. Динамика использования воды в России [Зайцева, 2003]

1 - общее водопотребление, 2 - сброс сточных вод, 3 - промышленное водопотребление, 4 - сельскохозяйственное водопотребление, 5 - безвозвратный расход, 6 - коммунально-бытовое водопотребление

Особенностью использования водных ресурсов на территории СНГ, в том числе в России, является низкая эффективность. При падении промышленного и сельскохозяйственного производства в 1990-х годах эффективность использования водных ресурсов снижалась в промышленности, где удельное водопотребление на единицу произведенной продукции в денежном выражении (в сопоставимых ценах) выросло в 1,5 раза, и только после 2000 г. намечилось уменьшение удельного водопотребления. В коммунально-бытовой сфере изменения были незначительными. В сельском хозяйстве водопотребление сильно снизилось (табл. 2.7.2, рис. 2.7.2). Это было связано не с повышением эффективности использования воды, а с сокращением орошаемого земледелия, в ряде регионов на 60-80% (Центрально-Черноземный, Дальневосточный, Волго-Вятский), с уменьшением поголовья скота на крупных животноводческих фермах и частично длительным периодом повышенной водности на территории России. На Северном Кавказе, основном районе орошаемого земледелия, при падении водопотребления на орошение на 30% удельное водопотребление выросло на 9% [Зайцева, 2001].

Централизованным водоснабжением питьевой водой в России охвачено только 2/3 населения. Это в основном жители городов и поселков городского типа, сельское население получает воду в основном из колодцев или поверхностных водоисточников.

Рост удельного водопотребления отражает тот факт, что в 1990-е годы относительное сокращение сброса (водоотведение)

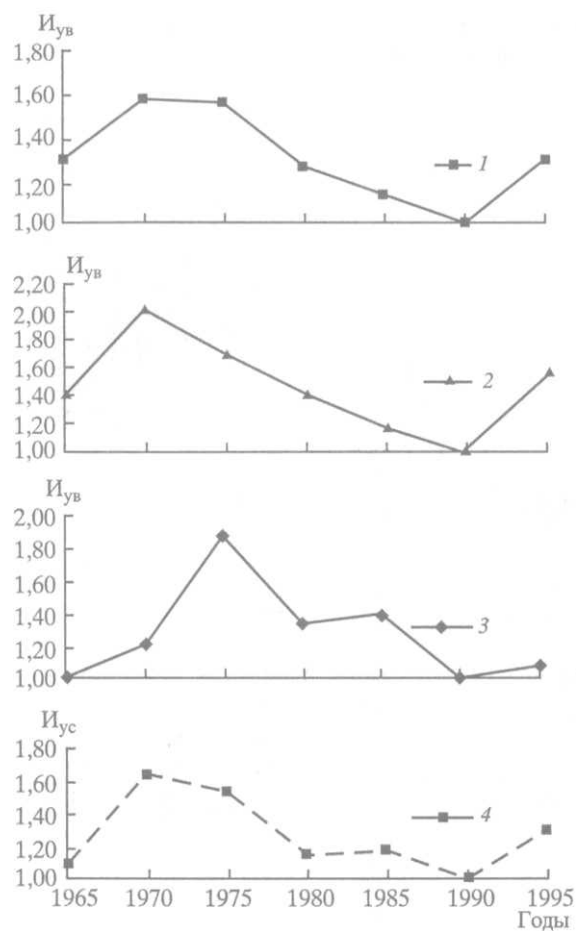


Рис. 2.7.2. Индексы удельного водопотребления $I_{ув}$ и сброса $I_{ус}$ сточных вод в России [Зайцева, 2003]

1 - общее удельное водопотребление, 2 - промышленное удельное водопотребление, 3 - сельскохозяйственное удельное водопотребление, 4 - удельный сброс сточных вод

сточных вод оказалось меньшим, чем относительный спад промышленного производства. Этот факт не представляется неожиданным. Дело в том, что предприятия, оказавшись в трудном экономическом положении, а весьма многие - на грани выживания, в целях экономии финансовых средств практически прекратили техническое перевооружение и модернизацию основных средств и тем самым реализацию мер по водосбережению. Жесткая экономия "подкосила" и природоохранные мероприятия, более того,

Таблица 2.7.3. Сброс сточных вод в крупных городах России в 2002 г.
[Думнов, Борисов, 2003]

Город	Всего, млн м ³	Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты			
		Всего, млн м ³	Из них загрязненных сточных вод		
			% к общему объему сброса сточных вод города	В том числе без какой-либо очистки, млн м ³	
			Всего, млн м ³	% к общему объему загрязненных стоков города	
Российская Федерация	54 712	19 767	36	4058	21
В том числе:					
Москва	3326	2661	80	66	2,5
Санкт-Петербург	1263	1183	94	424	36
Нижний Новгород	689	256	37	19	7
Краснодар	650	94	14	4	4
Новосибирск	649	38	6	33	87
Самара	389	279	72	15	5
Красноярск	354	304	86	55	18
Братск	347	241	70	17	7
Владивосток	327	320	98	313	98
Чита	310	33	11	0,0	0,0
Тюмень	289	56	19	5	9
Челябинск	283	283	99,8	4	1,4
Кемерово	281	170	61	69	41
Пенза	269	113	42	11	10
Дзержинск	263	51	20	3	15
Казань	261	226	87	10	4
Екатеринбург	235	233	99	17	7
Омск	224	223	99,5	18	8
Воронеж	223	159	71	-	-
Новокузнецк	214	214	100,0	103	48
Ярославль	213	213	100,0	79	37

Примечание. На долю приведенных в таблице городов приходится треть общего сброса загрязненных стоков России и более четверти загрязненных сточных вод без какой-либо очистки.



Рис. 2.7.3. Оценки экологического состояния поверхностных вод в административных регионах России [Коронкевич и др., 2003]

многие действовавшие очистные сооружения постепенно пришли в негодность, не ремонтировались и не обновлялись. Кроме того, экономический кризис в силу очевидных причин очень слабо повлиял на динамику водопотребления в жилищно-коммунальном секторе: в 1999 г. использование воды на хозяйственно-питьевые нужды составило 91,1% от уровня 1990 г., в остальные годы за период 1993-2002 гг. этот показатель был не меньше 93,3% [Думнов, Борисов, 2003].

Водоотведение составило к 2000 г. около 55 км³ в год, из которых значительную долю - около 40% - составляют загрязненные и недостаточно очищенные воды (табл. 2.7.2). Высокая доля загрязненных сточных вод обусловлена понижением эффективности очистных сооружений в период спада производства. Для России характерны аварийные сбросы загрязненных вод, связанные с авариями на очистных сооружениях, а также нелегальные сбросы сточных вод в обход очистных сооружений в ночное время. Это приводит к тотальному загрязнению поверхностных и многих подземных источников водоснабжения, в результате чего до 20% проб питьевой воды не соответствуют стандартам качества. В Санкт-Петербурге, например, 36% канализационных стоков сбрасываются в р. Неву без очистки, а в целом в России без очистки в водные объекты сбрасывается 21% неочищенных канализационных вод (табл. 2.7.3). Так называемые нормативно-

Таблица 2.7.4. Динамика сброса основных загрязняющих веществ в водные объекты России в 1990-2002 гг., тыс. т [Думнов, Борисов, 2003]

Загрязняющие вещества	1990	1991	1993
Нефтепродукты, тыс. т	32,5	30,3	19,9
Взвешенные вещества, тыс. т	1290	1203	958
Сухой остаток, тыс. т	20 881	20 978	15 448
Фосфор общий, тыс. т	57,6	57,4	55,6
Азот общий, тыс. т	151,8	128,3	76,6
Сульфаты, тыс. т	52 926	13 635	5692
Хлориды, тыс. т	54 991	13 048	8373
Фенолы, т	264	293	131
Жиры и масла, тыс. т	48,5	60,9	30,9
Цинк, тыс. т	1,8	2,1	1,2
Никель, т	664	821	581
Хром, т	1037	721	585
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), тыс. т	12,7	11,1	6,6

Примечание. Приведенная отчетная информация водопользователей о динамике сброса загрязняющих в водоемы в целом ряде случаев расходится с данными гидрохимического мониторинга (результатами наблюдений за изменением концентрации этих веществ в водных источниках).

чистые сточные воды и нормативно-очищенные сточные воды на самом деле нуждаются в дополнительном разбавлении водами водоприемника для достижения в нем естественного качества воды. Ежегодный ущерб от загрязнения водных объектов в последнее пятилетие составляет в среднем около 70 млрд руб. (в ценах 2001 г.) [Данилов-Данильян и др., 2004].

Обследование, проведенное в середине 1990-х годов, показало, что более чем в половине городов России питьевая вода по содержанию индикаторного галоморфного соединения - хлороформа не соответствует гигиеническим требованиям [Эльтинер, 1999]. Экономический ущерб от загрязнения водных объектов в период 1999-2003 гг. оценивался в 35 млрд руб. в год [Данилов-Данильян и др., 2004].

На рис. 2.7.3 приведена карта уровня загрязнения поверхностных вод в России [Коронкевич и др., 2003], из которой видно, что максимальный уровень загрязнения наблюдается в районах наибольшего промышленного и сельскохозяйственного развития. Табл. 2.7.4 представляет данные о динамике сброса массы загряз-

1995	1998	1999	2000	2001	2002
11,9	6,4	5,9	5,6	5,5	5,1
701	617	591	555	509	447
23 575	22 078	15 359	11 956	16 888	16
					366
38,1	30,2	26,5	26,4	24,9	25,1
57,6	44,6	42,5	41,3	42,7	43,2
3658	3117	2671	2718	2605	3133
8561	7954	7002	7258	7733	8123
86	62	61	67	53	54
25,1	20,3	16,5	15,2	13,8	14,9
0,9	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5
286	155	139	142	116	108
205	77	86	97	57	56
4,2	3,4	3,0	2,9	2,8	2,6

няющих веществ со сточными водами в водные объекты России. Экологическое состояние подземных вод характеризует карта на рис. 2.7.4. Для загрязненности как поверхностных, так и подземных вод решающее значение, наряду со сбросом и подземной закачкой неочищенных и не полностью очищенных вод, имеет экологическое состояние водосбора. На рис. 2.7.5 показана карта загрязненности земель на водосборах крупных российских рек, на рис. 2.7.6 - карта загрязнения земель в Волжском бассейне, на рис. 2.7.7 - диаграмма загрязнения земель в Волжском бассейне по субъектам федерации. В табл. 2.7.5 представлены показатели загрязнения земель в России по океаническим бассейнам.

Качество поверхностных, подземных и питьевых вод в бассейне реки Волги

Практически все водные объекты водосбора р. Волги подвержены антропогенному воздействию, и качество воды в них не отвечает нормативным требованиям. Большинство загрязняющих веществ относится к первому и второму классам

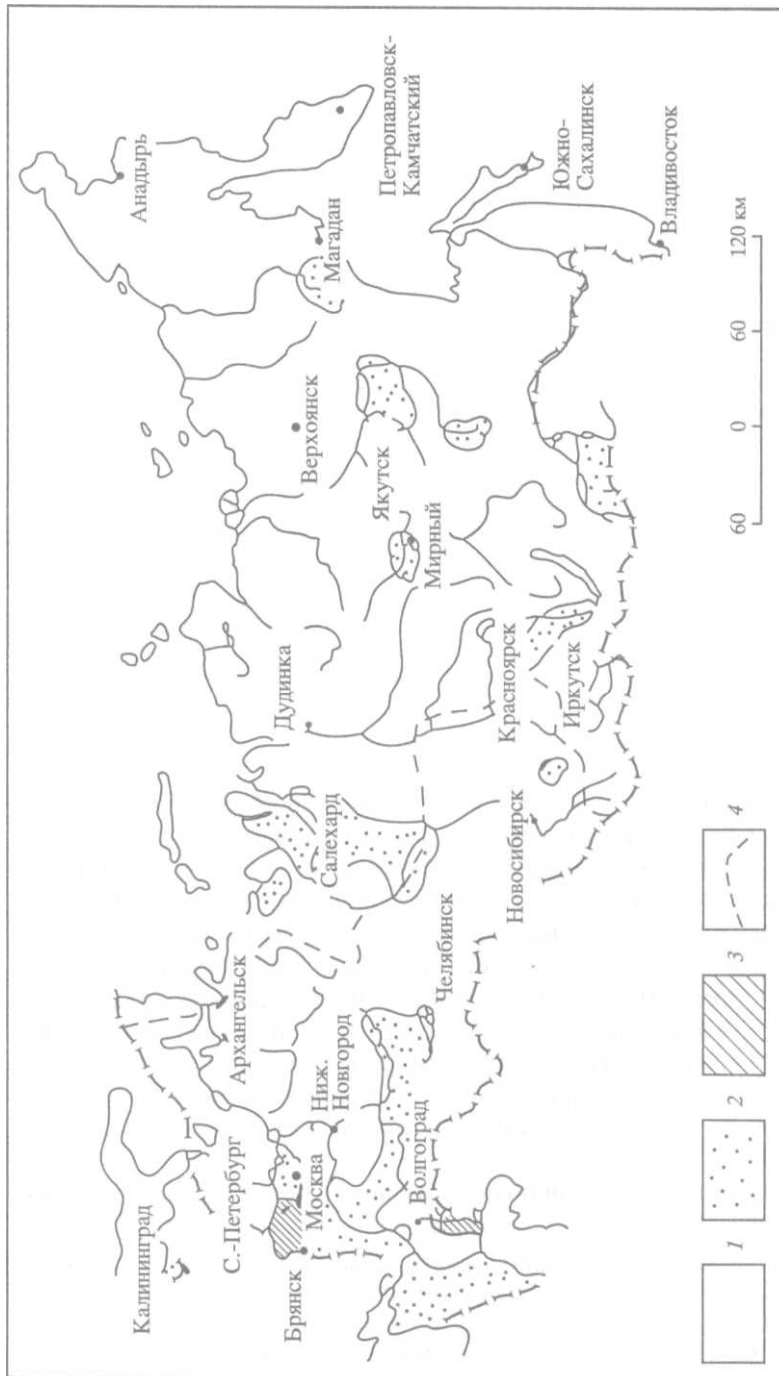


Рис. 2.7.4. Экологическое состояние подземных вод России [Экологическая безопасность..., 1999]
 1 - естественное, 2 - кризисное (истощение или недостаток водных ресурсов, хозяйственно-бытовое загрязнение), 3 - катастрофическое (загрязнение радионуклидами), 4 - южная граница криолитозоны

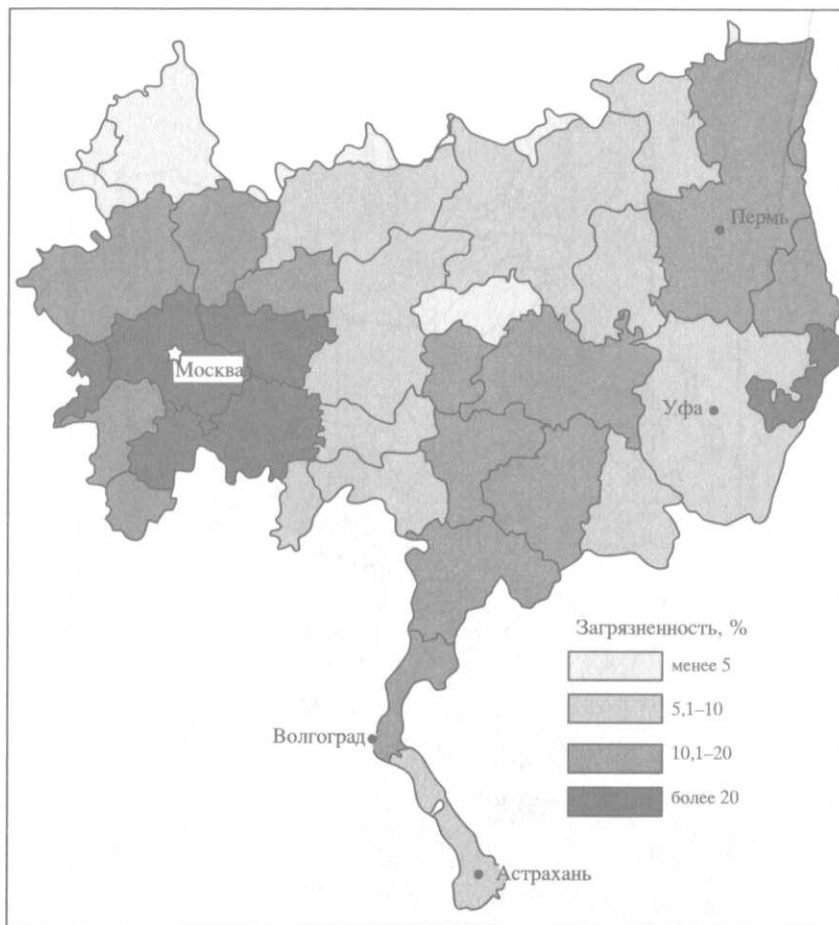


Рис. 2.7.6. Степень загрязненности земель на водосборе реки Волги по субъектам Российской Федерации [Прокачева, Усачев, 2004]

опасности. Для верхнего, среднего и нижнего участков р. Волги среднегодовые концентрации весьма многих загрязнителей превышают предельно допустимые. Состояние подземных вод в бассейне реки часто также не соответствует санитарным нормам, особенно в районах промышленных городов, где предельно допустимые концентрации превышены в десятки, а иногда и в сто раз, особенно значительно загрязнение нефтепродуктами (Брянская, Вологодская, Орловская, Ростовская, Самарская, Свердловская обл.) и фенолом (Череповец, Редкино, Москва, Саратов, Тольятти). Треть субъектов федерации Волжского бассейна имеет показатели качества питьевой

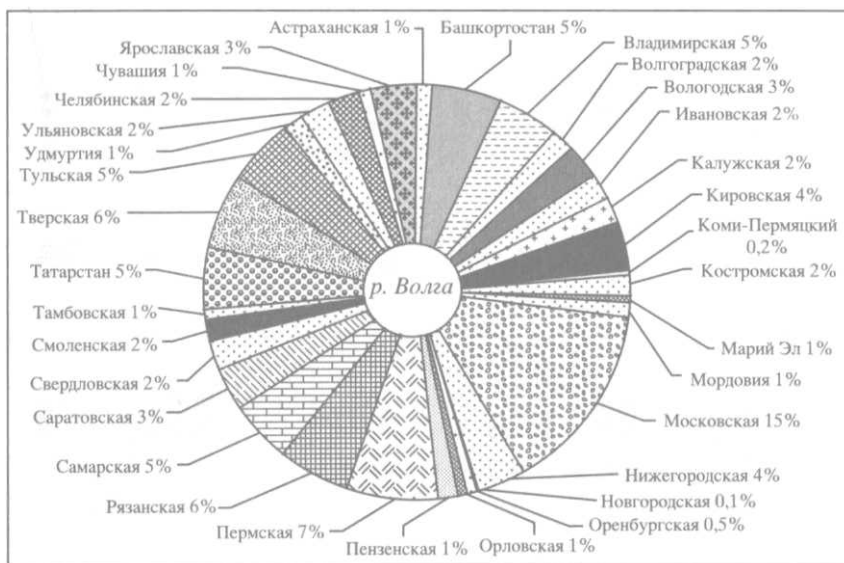


Рис. 2.7.7. Размещение загрязненных земель на водосборе реки Волги по субъектам Российской Федерации [Прокачева, Усачев, 2004]

воды ниже средних по России. В Калмыкии, Ярославской и Костромской обл. отмечено невыполнение нормативов соответственно на 71,45 и 38% исследуемых случаев и на 20-30% - случаев еще в 11 административных единицах. Наихудшее положение сложилось в Вологодской, Владимирской, Тверской, Нижегородской, Саратовской обл. и Башкирии. Это связано не только с высоким уровнем загрязнения водоисточников, но и с нарушением водоохранных норм: во многих случаях вокруг водоисточников питьевого водоснабжения отсутствуют водоохранные зоны и необходимые комплексы водоочистных сооружений на водопроводах [Эльгинер, 1999].

Для водного хозяйства и экономики в целом европейской части России огромное значение имеет Волжско-Камский каскад водохранилищ. Рис. 2.7.8 и табл. 2.7.6 дают представление о масштабах этой системы, которая вносит критически важный вклад в современную российскую гидроэнергетику, гидромелиорацию, водный транспорт, водообеспечение промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Однако экологическое значение Волжско-Камского каскада далеко не однозначно. С одной стороны, водохранилища перерабатывают и депонируют огромное количество загрязнений, поступающих в Волгу и Каму со сбросными водами промышленных и коммунальных предприятий, сто-

Таблица 2.7.5. Распределение загрязненных земель в России по океаническим бассейнам [Прокачева, Усачев, 2004]

Бассейн	Водосборная площадь		Загрязненные земли		Степень загрязненности, % (4): (2), %
	Тыс. км ²	%	Площадь, тыс. км ²	%	
<i>Северный Ледовитый океан</i>					
Белое море	719	4,3	18,6	2,7	2,6
Баренцево море	480	2,8	10,0	1,5	2,1
Каспское море	5310	31,5	271,0	39,6	5,1
Море Лаптевых	3670	21,8	9,4	1,4	0,3
Восточно-Сибирское море	1340	8,0	4,4	0,6	0,3
Чукотское море	100	0,6	0,1	0,1	0,1
Весь бассейн	11 619	69,0	313,5	45,9	2,7
<i>Тихий океан</i>					
Берингово море	570	3,4	1,0	0,2	0,2
Охотское море Японское море	1950	11,5	33,0	4,8	1,7
	110	0,7	5,5	0,8	5,0
Весь бассейн	2630	15,6	39,5	5,8	1,5
<i>Атлантический океан</i>					
Балтийское море Черное море	318	1,9	25,2	3,7	7,9
	110	0,7	14,6	2,1	13,3
Азовское море	478	2,8	61,5	9,0	12,9
Весь бассейн	906	5,4	101,3	14,8	11,2
<i>Бессточный бассейн Каспийского моря</i>					
Каспийское море	1697	10,0	229,1	33,5	13,5
Всего в России	16 852	100	683,4	100	4,1

Примечание. Не учтены острова в окраинных морях.

Таблица 2.7.6. Основные характеристики водохранилищ Волжско-Камского каскада
[Джамалов, 2004]

Водохранилище	Год заполне- ния	Объем, км ³		Площадь зеркала,	Глубина, м		Длина, км	
		полный	полезный		max	средняя		
Верхневолжское	1944	0,52	0,47	183	17	2,8	85	1,8
Иваньковское	1937	1,12	0,81	327	19	3,4	120	7,9
Угличское	1939	1,25	0,81	249	19	5	146	9,8
Рыбинское	1940	25,42	16,67	4550	30	5,6	110	1,4
Горьковское	1955	8,82	3,9	1591	22	5,5	430	6
Чебоксарское	1981	12,6	5,4	2170	18	5,8	340	24,3/8,9
Куйбышевское	1955	57,3	33,9	6150	41	9,3	510	4,2
Саратовское	1967	12,87	1,75	1831	31	7	312	19,1
Волгоградское	1958	31,45	8,25	3117	41	10	540	8
Камское	1954	1-2,2	9,8	1915	30	6,4	300	4,2
Воткинское	1961	9,4	3,7	1075	28	8,8	360	5,8
Нижнекамское	1978	13,8	4,6	2570	20	5,6	270	6,6/3,9
В целом		187	90	25 720				

* Коэффициент водообмена (количество за год), км³/год.

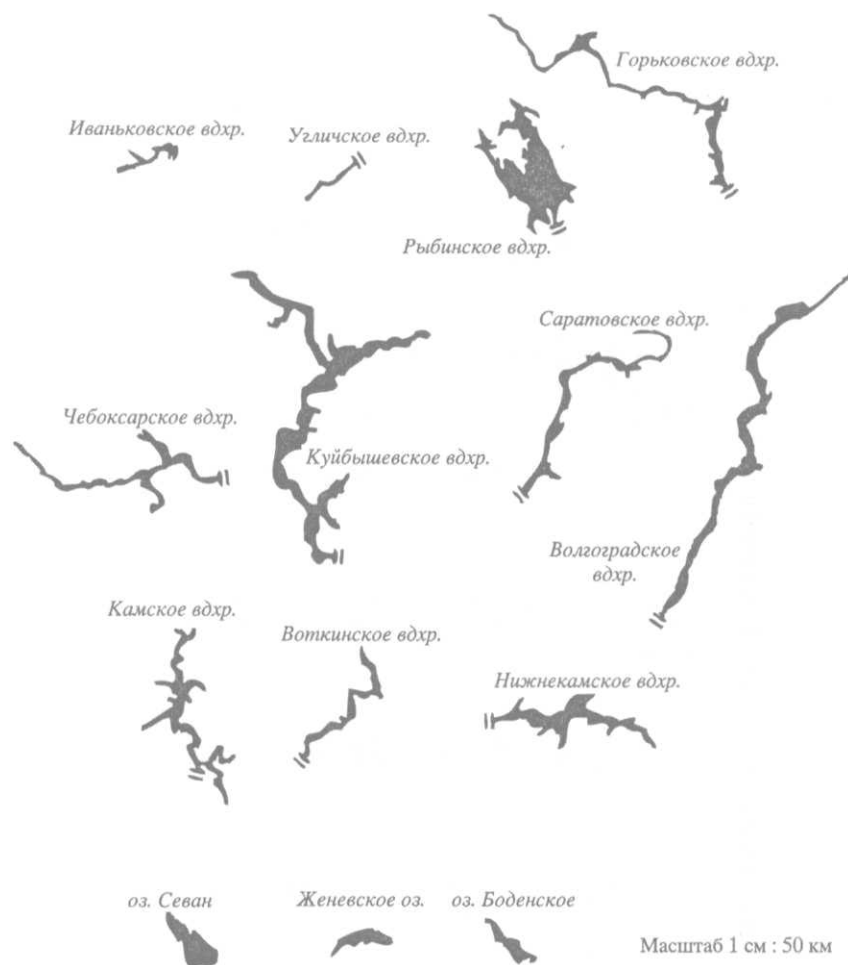


Рис. 2.7.8. Сравнительные размеры и контуры водохранилищ Волжско-Камского каскада и некоторых озер [Авакян, Лебедева. 2002]

ками с городских территорий и сельскохозяйственных полей. Какой была бы вода в Волге и Каме при современном уровне поступающих в эти реки загрязнений без такой работы водохранилищ, трудно даже представить. С другой стороны, многократное замедление прохождения воды, перегораживание рек плотинами, затопление значительных территорий водохранилищами и иные факторы имеют несомненные негативные экологические последствия. Попытку количественной оценки влияния водохранилищ на Волге отражает рис. 2.7.9, табл. 2.7.7 представляет информацию, поясняющую этот рисунок.

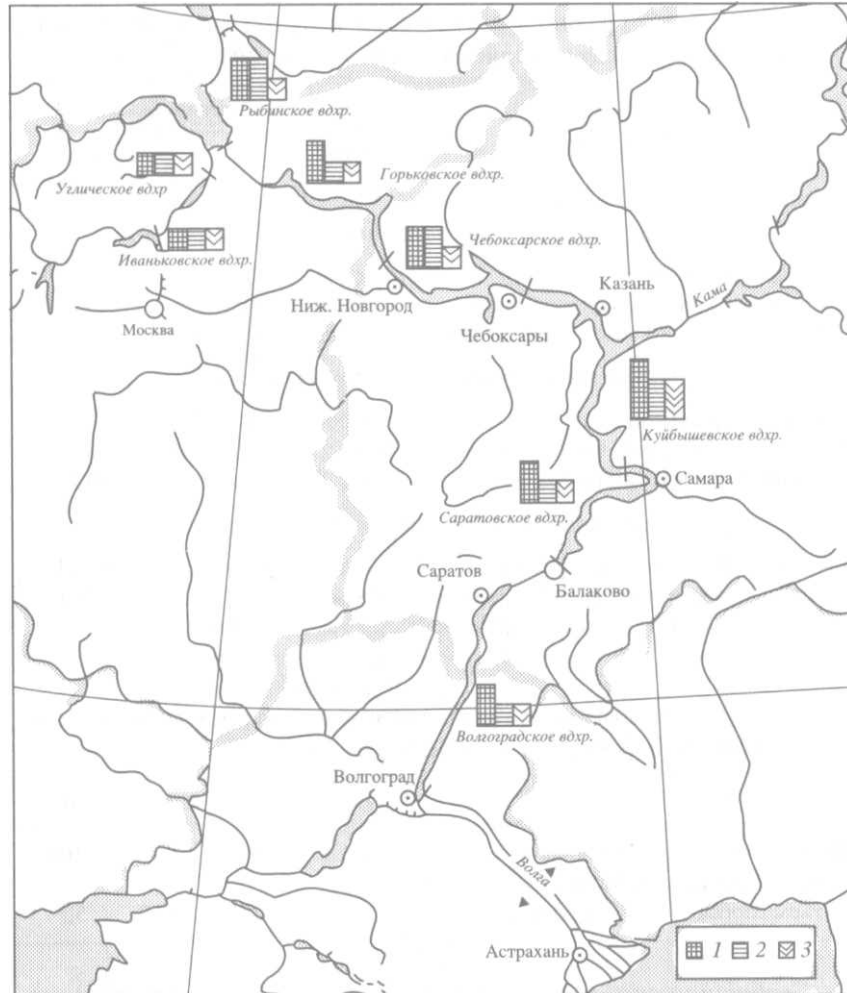


Рис. 2.7.9. Суммарное позитивное (1) и негативное (2) влияние и относительное экологическое благополучие (3) водохранилищ каскада на р. Волге [Барabanова, 2004]

Вместе с тем, уровень загрязнения поверхностных вод по результатам сравнительного исследования накопления тяжелых металлов в донных отложениях рек Оки и Эльбы, по данным совместной российско-германской экспедиции [Колomийцев и др., 1997], показал, что в Эльбе они загрязнены значительно сильнее. Если концентрации тяжелых металлов в Оке превышают фоновые на 40%, то в Эльбе - в 3-16 раз.

Таблица 2.7.7. Градации показателей влияния водохранилищ на окружающую среду и хозяйство [Барбанова, 2004]

Показатели	Градации значений показателей		
	Низкое (1 балл)	Среднее (2 балла)	Высокое (3 балла)
<i>Показатели позитивной хозяйственной роли водохранилищ</i>			
Полный объем, км ³	< 10	10-50	>50
Выработка электроэнергии, млн кВт • ч	<500	500-3000	>300
Энергетически-объемный коэффициент	<92,9	92,9-485,6	> 486,6
<i>Показатели негативного влияния на среду</i>			
Площадь зеркала, км ²	<500	500-5000	>5000
Условный водообмен, число раз в год	>4,2	4,2-0,7	<0,7
Коэффициент полезного объема	<0,37	0,37-0,81	>0,11
<i>Позитивно-негативные соотношения</i>			
Объемно-площадный коэффициент	<0,47	0,47-2,03	>2,03
Площадно-объемный коэффициент	>84,7	84,7-26,1	<26,1
Площадно-энергетический коэффициент	> 1,03	1,03-0,11	<0,11

Таблица 2.7.8. Использование и загрязнение водных ресурсов сельским хозяйством России, км³ [Бобылев, 2003а]

Показатель	1990	1995	2001
	г.	г.	г.
Использование свежей воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение	20,5	14,6	10,1
Объем сброса сточных и возвратных вод	13,0	10,2	5,5

Серьезную проблему представляет вынос биогенов с сельскохозяйственных территорий за счет эрозии, в том числе растворения. Повышенное поступление биогенов, особенно фосфора, ведет к эвтрофированию водных объектов. Общие показатели сельскохозяйственного водопользования в России приведены в табл. 2.7.8. В табл. 2.7.9 приведены данные об эрозионном выносе биогенов с пахотных земель в различных ландшафтных зонах России, а на рис. 2.7.10 - потенциальное загрязнение поверхностных вод фосфором в результате эрозии почв на сельскохозяйственных землях России.

Весьма серьезные проблемы в водопользовании в России могут возникнуть вследствие глобальных климатических изменений. Изменения режима осадков, обусловленные глобальным по-

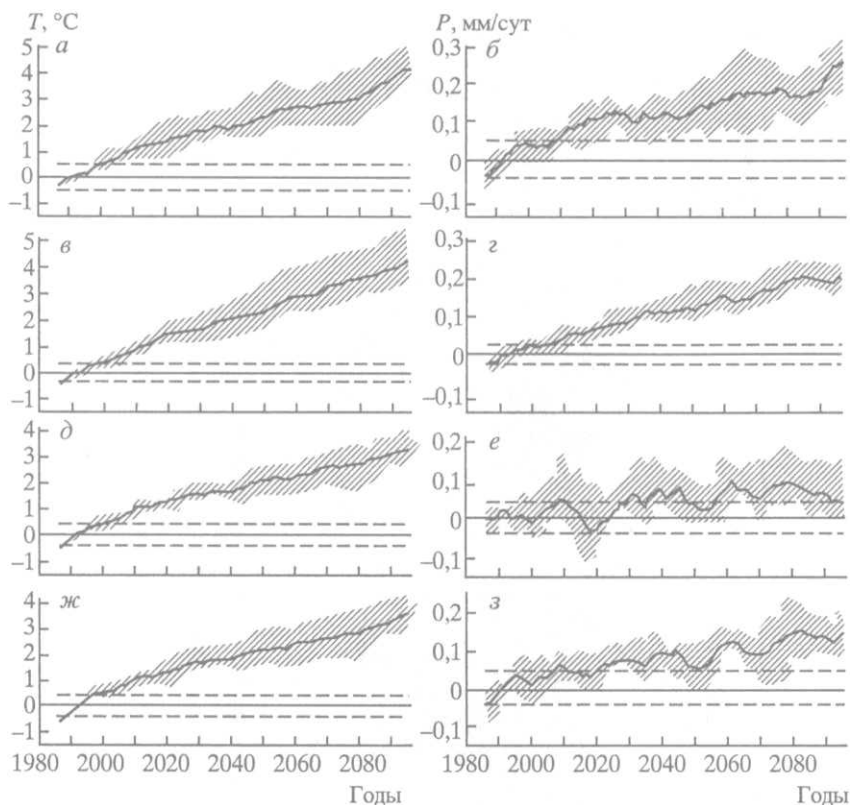


Рис. 2.7.11. Изменения среднегодовых температур воздуха у поверхности земли (*а, в, д, ж*) и количества осадков (*б, з, е, з*) в XXI в. на водосборах рек Печора-Северная Двина (*а, б*), Лена (*в, з*), Днепр - Дон (*д, е*), Волга - Урал (*ж, з*) [Мелешко и др., 2004]

теплением, для России будут, скорее всего, неблагоприятными. Они проанализированы в работе [Мелешко и др., 2004] на основе расчетов по ансамблю семи моделей общей циркуляции атмосферы и океана исходя из "умеренных" сценариев МГЭИК для задания динамики выбросов парниковых газов и аэрозолей. На рис. 2.7.11 по четырем регионам России показаны результаты этого прогностического анализа для среднегодовой приповерхностной температуры воздуха и общегодовых осадков. Кривые изменения этих величин были сглажены методом скользящей средней с интервалом 10 лет. При исследовании возможных изменений за базовый принят период 1981-2000 гг., ему на каждом графике соответствует сплошная горизонтальная прямая, пунк-

Таблица 2.7.9. Эрозионные потери почвы, гумуса и биогенов на пахотных землях ландшафтных зон России
[Литвин, Кирюхина, 2003]

Регион, зона	Масса смытой почвы, тыс. т	Вынос гумуса и валовых форм элементов питания										
		Интенсивность, кг/га			Гумус			Масса, тыс. т				
		Гумус	N	P	K	Гумус	N	P	K	Гумус	N	P
Европейская часть	436 137	198	11,7	8,7	96,2	18 674	1100	823	9056			
Лесная	140 089	162	11,7	10,2	129	3379	246	213	2707			
В том числе:												
Северо- и среднетаежная	15 141	156	10,3	9,2	139	303	20	18	270			
Южнотаежная	124 948	162	11,9	10,3	128	3076	226	195	2437			
Лесостепная	148 772	215	12,3	8,3	94,0	6948	394	268	3039			
Степная	147 276	204	11,2	8,4	81,0	8347	460	342	3310			
Сибирь	130 833	202	9,3	7,1	72,3	7692	356	271	2757			
Лесная	28 407	208	12,7	8,5	103	1223	75	48	572			
Лесостепная	53 092	216	9,4	6,9	66,6	3812	165	122	1175			
Степная	49 334	178	7,8	6,6	67,7	2657	116	98	1010			
Россия в целом	566 970	199	10,9	8,3	89,3	26 366	1456	1094	11 800			

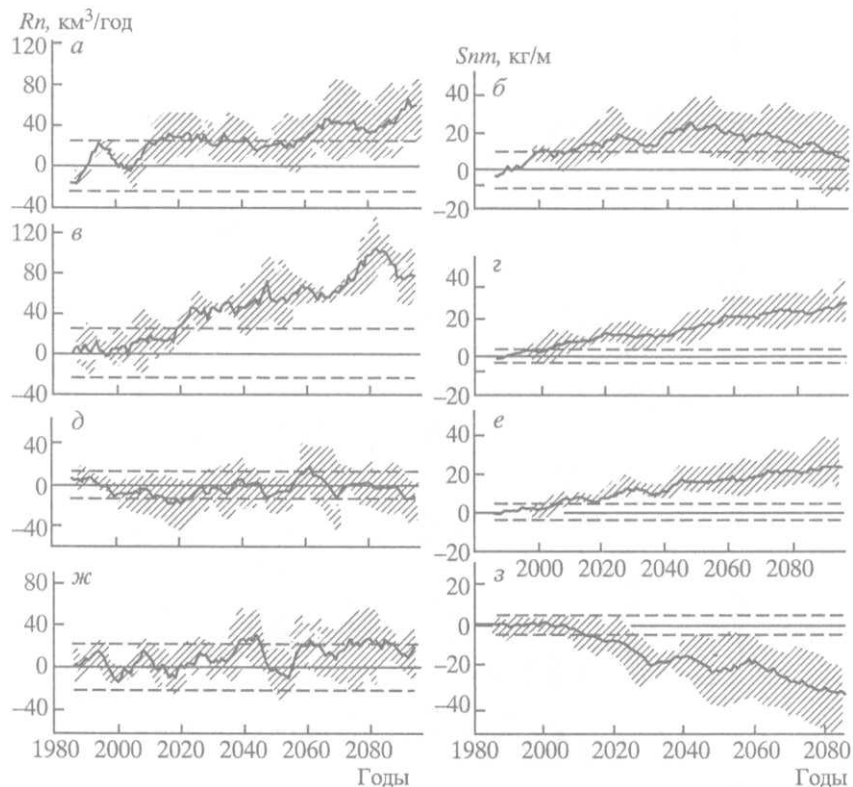


Рис. 2.7.12. Изменения среднегодового стока Rn (а, в, д, ж) и удельной массы снега Snm (б, з, е, з) в XXI в. на водосборах рек Печора-Северная Двина (а, б), Лена (в, з), Днепр-Дон (д), Енисей (е), Волга-Урал (ж, з) [Мелешко и др., 2004]

тирные прямые ограничивают интервал естественной изменчивости прогнозируемых величин, в который попадают не менее 95% 10-летних модельных средних (при обычных статистических предположениях). Выход кривой за этот интервал свидетельствует о статистической значимости прогнозируемых изменений на 95%-ном уровне. Штриховкой на каждом графике выделена область, показывающая разброс модельных оценок, - в нее попадает 75% их значений. Согласно рис. 2.7.11, значимые изменения как среднегодовой приповерхностной температуры воздуха, так и общегодовых осадков в каждом из четырех регионов должны произойти уже в первой половине XXI в. Аналогично построен рис. 2.7.12, показывающий ожидаемые изменения среднегодового стока и удельной массы снега в тех же регионах. Очевидно,

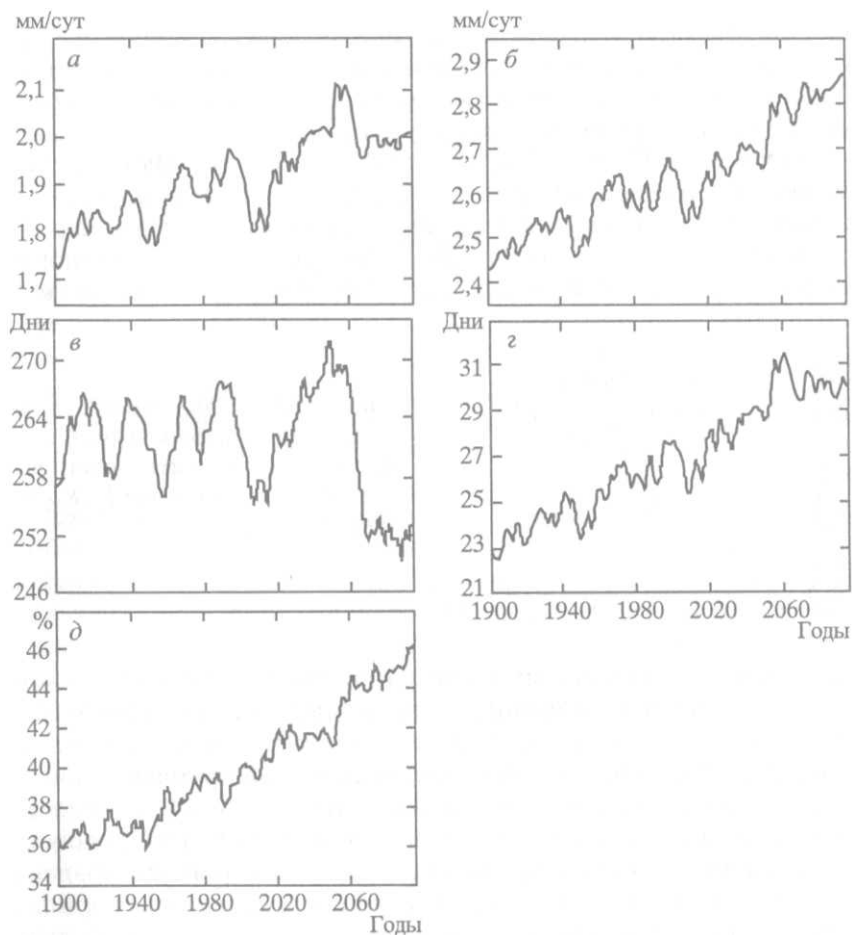


Рис. 2.7.13. Изменения характеристик осадков на европейской части России ($50\text{-}60^\circ$ с.ш., $30\text{-}45^\circ$ в.д.), полученные в расчетах с моделью ECH для временного интервала 1900-2100 гг. с использованием 10-летнего скользящего осреднения [Мелешко и др., 2004]

a - количество осадков; *б* - интенсивность осадков; *в* - число дней с осадками; *г* - число дней с сильными осадками (квантиль $> 90\%$); *д* - относительный вклад наиболее сильных осадков (квантиль $> 90\%$) в общее количество осадков

что на европейской части территории России прогнозируется ухудшение водообеспеченности.

Однако более тревожными выглядят прогнозируемые изменения режима осадков. Графики этих изменений на европейской части территории России для важнейших характеристик осадков, согласно расчетам по разработанной в Германии модели ECH об-

щей циркуляции атмосферы и океана, приведены на рис. 2.7.13. Ожидаемое существенное увеличение неравномерности выпадения осадков означает одновременное усиление угрозы как наводнений, так и засух на этой территории.

Приведенные прогнозы отражают прямое воздействие климатических изменений на гидрологические характеристики, основополагающие как для водообеспеченности, так и для мер по снижению ущерба от наводнений и иных связанных с гидрологическими процессами явлений.

Однако прямое воздействие может

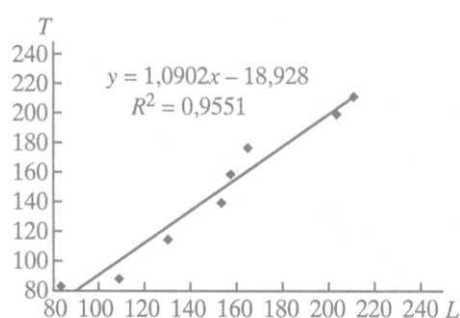


Рис. 2.7.14. Зависимость длительности пожароопасных сезонов T от продолжительности вегетационных периодов L [Коровин, Зукерт, 2003]

быть усилено косвенными эффектами, обусловленными прежде всего ухудшением экологической обстановки на водосборах. В частности, с потеплением климата ожидается усиление горимости лесов. Эта проблема подробно исследована применительно к российским лесам в работе [Коровин, Зукерт, 2003]. В качестве основного показателя в этом исследовании используется продолжительность пожароопасного сезона, для которой установлена тесная связь с длительностью вегетационного периода (рис. 2.7.14), а последняя зависит прежде всего от средней приземной температуры воздуха (рис. 2.7.15). Подводя итог своему анализу последствий глобального потепления для пожароопасности в лесах умеренной зоны на основе нескольких сценариев климатических изменений, авторы [Коровин, Зукерт, 2003] отмечают, что следует ожидать роста числа и площади лесных пожаров в России на 30-40% даже без учета их суровости, которая может добавить еще 15-30%, а с учетом других факторов "в рамках рассмотренных сценариев изменения климата могут привести к росту числа и площади лесных пожаров в 1,5-2,0 раза". Отметим, что все рассмотренное в этой работе относится к лесным экосистемам в относительно стационарном климате, независимо от того, пребывают ли они в климаксовой или одной из сукцессионных фаз. Но при значимых климатических изменениях, когда такая стационарность окажется нарушенной, для каждой лесной экоси-

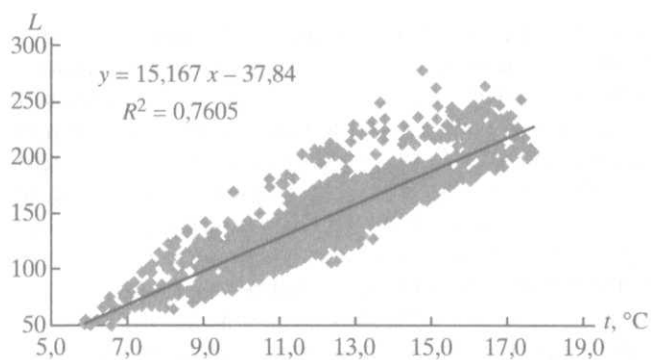


Рис. 2.7.15. Зависимость продолжительности вегетационных периодов L от средней температуры воздуха [Коровин, Зукерт, 2003]

стемы начнется процесс перехода к новой экосистеме, который обязательно будет сопровождаться усилением уязвимости леса к всевозможным воздействиям, и это дополнительно усилит его горимость. Хотя прямых аналогов лесных пожаров для других экосистем (за исключением тундрового ягеля) в России нет, изменения климата приведут к росту негативных проявлений и в них (например, следует ожидать обострения процессов почвенной эрозии).

Пока повышение средней глобальной приземной температуры незначительно, несколько более существенное потепление наблюдается в отдельных регионах, но экосистемы реагируют на эти процессы. Так, на основании исследования данных по 13 российским заповедникам в работе [Кокорин, Минин, 2001] констатируется: «...в целом наблюдается достаточно "мозаичная" картина фенологических изменений, говорящая, что уже имеется некий "внешний климатический толчок", но пока это скорее "раскачивание" экосистем, а не их направленный сдвиг».

Ухудшение экологической обстановки на водосборах окажет негативное влияние не только на сезонное и внутрисезонное распределение речного стока, но, даже в большей мере, на качество воды в природных источниках, поскольку ухудшение здоровья среды всегда снижает ее ассимиляционный потенциал. Обострению ситуации будет способствовать и изменение потребности в воде; в частности, в черноземных областях, на юге европейской части, в степях южного Урала и других регионах следует ожидать роста потребности в воде для орошения в связи с учащением и усилением засух. Неизбежно и притом почти повсеместно возрастут затраты на обеспечение населения качественной питьевой

водой. Трудно предвидеть, какие иные осложняющие факторы, в том числе существенные для водопотребления, возникнут в сельском хозяйстве, которому при значимых изменениях климата не избежать весьма болезненной перестройки. Конечно, потепление климата сулит для России очевидные выгоды - если рассматривать проблему абстрактно (примером такого рассмотрения, на наш взгляд, служит работа [Глобальные и региональные..., 2000]). Среди них прежде всего увеличение продолжительности вегетационного периода. Однако ряд обстоятельств, среди которых едва ли не первое место занимает ухудшение водообеспеченности, станут препятствием для того, чтобы реально воспользоваться новыми возможностями в сельском хозяйстве, во всяком случае в течение первых десятилетий после их появления. Потребуется значительные капитальные вложения и особенно организационные и управленческие усилия, возрастут требования к качеству и уровню квалификации труда. Россия всегда тяжело переживала эпохи перемен, не станет исключением и перемена климата.

Невысокая эффективность водопользования, недопустимо низкое качество обеспечения населения питьевой водой во многих водохозяйственных системах, неудовлетворительное состояние наиболее значимых эксплуатируемых природных водных объектов объясняются прежде всего тем, что водное хозяйство страны по целому ряду признаков остается на уровне развития, характерном для середины прошлого века. Ошибочная ориентация на экстенсивное развитие, пренебрежение вопросами эффективности водопользования, недостаточное внимание к экологическим аспектам и другие обстоятельства определили отставание российского водного хозяйства от мирового уровня, отчетливо проявившееся уже к 1980-м годам. Беды российского водного хозяйства резко усугубились вследствие крайне недостаточного финансирования его развития в 1990-е годы [Данилов-Данильян и др., 2004].

Вопрос о достаточном обеспечении финансирования водного хозяйства, о возможном переводе его на самоокупаемость остро стоит и в наши дни. Однако ряд особенностей этой отрасли (прежде всего социальные аспекты водопользования, его экологические последствия и необходимость защиты от вредного воздействия вод) исключают возможность применения каких-либо "общих" подходов и требуют адекватного учета отраслевой специфики. Представляется, что применительно к водопотреблению и водоотведению при всей практической сложности задачи перехода к самоокупаемости общие экономико-теоретические вопросы хотя

бы отчасти разработаны. Однако ситуацию в других направлениях водопользования применительно к этой задаче можно характеризовать как сугубо неясную. Параметры, регулирующие платежи за водопользование во всех направлениях, кроме водопотребления и водоотведения, определены произвольно, обоснования установленных значений отсутствуют. Весьма сомнительно, что защиту населения от наводнений (и других видов вредного воздействия вод) можно "поставить на самоокупаемость". Видимо, это одна из тех областей государственной деятельности, где участие бюджетного финансирования необходимо.

В настоящее время основными проблемами водохозяйственного комплекса России являются:

- неудовлетворительное качество воды в большинстве эксплуатируемых водных объектов;
- неудовлетворительное состояние систем хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- ухудшение технического состояния основных производственных фондов водного хозяйства - гидротехнических сооружений;
- расточительное водопользование;
- недостаточная эффективность государственного управления отраслью - водными ресурсами и водохозяйственными системами;
- малый объем работ по развитию мониторинга водных объектов;
- недостаточная защита от негативного воздействия вод - основная причина учащающихся паводковых и аварийных затоплений и подтоплений населенных пунктов и хозяйственных предприятий;
- учащающиеся загрязнения водных объектов при авариях на нефтепроводах, очистных и иных сооружениях.

Для решения возникших проблем (в несколько ином ракурсе они анализируются в работе [Хубларян, 1999]) необходимо разработать и последовательно осуществлять государственную политику, направленную на обеспечение устойчивого водопользования. В возможно короткие сроки это позволило бы начать работу по решению указанного комплекса проблем. С этой целью МПР России в 1997-2004 гг. были разработаны и разрабатываются в настоящее время долгосрочные программные документы, такие, как "Доктрина устойчивого водопользования", "Государственная стратегия использования, восстановления и охраны водных объектов России", "Концепция совершенствования и развития государственного управления использованием и охраной водных ресурсов и водохозяйственным комплексом Российской Фе-

дерации", «Национальная программа действий по совершенствованию и развитию водохозяйственного комплекса России на перспективу "Вода России - XXI век"». В этих документах отмечено, что бассейновый принцип управления водными ресурсами и водопользованием - необходимое условие решения названных проблем, это подтверждается и опытом большинства стран Европейского Союза и Северной Америки.

Однако следует отметить, что упомянутые программные документы МПР России страдают определенной расплывчатостью, неоперациональностью и несистемностью. Предполагаемые меры не исследованы с позиций обеспеченности финансами, кадрами, административно. Законодательная база явно недостаточна для практической реализации программ перехода к устойчивому водопользованию. В самих этих документах обычно намечаются меры по развитию законодательной базы, однако не фиксируются некоторые базовые принципы, по которым много лет идут вялотекущие дискуссии (например, где следует определять меры по платности негативных воздействий на водные объекты - в водном или экологическом законодательстве, как сочетать бассейновый принцип с административным делением территории, которое является определяющим при решении финансовых вопросов, и т.п.).

Одним из первых шагов для решения названных проблем в части нормативного и научно-методического обеспечения управлением и охраной водных объектов необходима разработка методологии эколого-социально-экономического обоснования регулирования использования и охраны водных объектов и их водных ресурсов для планирования хозяйственного использования и охраны и/или восстановления качества вод. Для этого необходимо решить следующие задачи [Данилов-Данильян и др., 2004].

1. Интенсификация использования водных ресурсов, отказ от продолжения экстенсивного водопотребления. Решающую роль в достижении этой цели принадлежит развитию рыночных отношений. Однако этот процесс не должен происходить стихийно, исключительная социальная и экологическая значимость водных ресурсов требует тщательного анализа последствий каждого намечаемого шага в расширении сферы рыночных взаимодействий. Вместе с тем, необходимо как можно быстрее изживать рудименты командно-административного подхода к управлению водным хозяйством. Для этого следует:

- обеспечить переход от начисления платы за потребление воды по нормативам к оплате водопотребления всеми потребителями только по количеству фактически полученной воды;

- разработать и реализовать программу постепенного повышения платы за потребляемую воду до уровня, при котором полностью компенсируются все затраты на обеспечение водопотребления, а также повышения платы за все виды водопользования до уровня, при котором обеспечивается полное финансирование мер для устойчивого воспроизводства качества водных ресурсов и поддержания всех зависящих от них экосистем и абиотической среды; использовать при этом теоретические разработки по рентообразованию в водопользовании;

- стимулировать водопотребителей к внедрению водосберегающих технологий не только адекватной платой за водопотребление, но и через налоговые льготы и иные элементы финансового механизма;

- развивать конкурентные формы обеспечения спроса на воду всеми видами водопотребителей.

2. Обеспечение надежного, безопасного и устойчивого питьевого водоснабжения. Для этого в системах питьевого водоснабжения необходимо совместное использование источников как поверхностных, так и подземных вод при строгом соблюдении экологических норм, обеспечивающих их неистощительную эксплуатацию, и применение современных технологий водоподготовки. Важную роль в решении этой задачи имеет и экономия воды, поскольку неоправданно высокий объем забираемой и в значительной мере теряемой при доставке потребителю и использовании воды - фактор, повышающий неустойчивость водоснабжения.

3. Разработка системы защиты населения и хозяйственных объектов от вредного воздействия вод, прежде всего наводнений. Это наукоемкое направление требует совершенствования моделей, объясняющих механизмы возникновения и развития наводнений, улучшения методов прогноза наводнений и их последствий, совершенствования системы гидрометеорологического мониторинга, а также капиталоемких мер по реконструкции ряда водохранилищ, защите городов, поселков и хозяйственных объектов, в ряде случаев - по выводу населенных пунктов из опасных зон. При принятии решений о выделении территорий под строительство новых объектов различного назначения необходимо учитывать вероятность их затоплений и подтоплений, возможные ущербы от наводнений, необходимость страхования и др.

4. Разработка и реализация системы мер, направленных на восстановление качества воды в водных объектах, испытавших сверхнормативное антропогенное воздействие. Улучшение систем очистки сточных вод не может полностью решить эту про-

блему, не менее важно наведение порядка на водосборных территориях, строгое соблюдение установленного законодательством режима хозяйственной деятельности и ограничений природопользования в пределах водоохранных зон и прибрежных защитных полос, проведение специальных реабилитационных мероприятий, ликвидация негативных последствий гидромелиорации и пр. Эта деятельность должна проводиться под руководством и при строгом контроле государственных органов управления водным хозяйством и экологического контроля, однако в полной мере она осуществима только при активном участии органов местного самоуправления, общественности и бизнеса. Обеспечение заинтересованности бизнеса в таком участии - серьезная и ответственная экономическая задача, при решении которой особенно необходимо использовать зарубежный опыт, поскольку применительно к российским рыночным структурам пока практически не было даже попыток подхода к ней.

5. Существенное повышение технического уровня:

- комплексов водоподготовки, в частности, внедрение систем поддержки принятия оперативных инженерных решений, использование прогрессивных методов обеззараживания воды, современных химических средств, систем мониторинга качества воды в водопроводных сетях;
- систем водоочистки в промышленности и коммунальном хозяйстве так, чтобы гарантировать нормативный уровень качества сбрасываемых сточных вод;
- оросительных систем в сельском хозяйстве.

6. Разработка и внедрение систем управления водными ресурсами и водохозяйственными системами (в частности, на бассейновом уровне) на основе информационно-вычислительных комплексов, использующих гидрологические, эколого-экономические и экономико-математические модели [Хранович, 2001; Пряжинская и др., 2002]. Это направление требует существенных бюджетных затрат на а) оборудование, б) научные исследования, в) разработку моделей и программных средств, г) подготовку кадров. Недооценка важности последней - причина недостаточного финансирования затрат по трем первым из указанных статей. Объективные тенденции (климатические изменения, усиление дефицита воды в наиболее развитых районах, продолжающийся рост антропогенной нагрузки на экосистемы и т.п.) таковы, что сложность задач управления водными ресурсами и водным хозяйством нарастают. Сохранение нынешнего уровня технической и методологической поддержки системы управления и квалификации занятых в ней кадров неизбежно приведет к дальнейшему

снижению качества управления. Опережающее (в сравнении с ростом сложности задач управления) повышение этого уровня абсолютно необходимо для решения задач, стоящих перед водным хозяйством.

7. Улучшение качества гидропрогнозов, необходимое для повышения эффективности всех видов водопользования, в частности управления режимом работы ГЭС. Заблаговременность и оправданность гидропрогнозов в России отстают от современного уровня. Необходимо, в частности, радикально модернизировать информационную базу - гидрометеорологическую сеть, понесшую в последние 15 лет большие потери, однако задача состоит не в том, чтобы ее "восстановить", а в том, чтобы оптимизировать на основе современных технологий мониторинга, прежде всего аэрокосмических.

Методы решения названных задач должны основываться на следующих принципах:

1) основополагающими в управлении водными ресурсами должны быть бассейновый подход и бассейновые соглашения как эффективный инструмент его реализации;

2) для информационного обеспечения управления водными ресурсами (постановки целей, определения задач и методов регулирования, использования и охраны водных объектов, оценки эффективности соответствующих мер) необходим научно обоснованный выбор эколого-социально-экономических индикаторов состояния и значимости водных объектов;

3) для этих целей необходима также достоверная информация о хозяйственных объектах - водопользователях, системе расселения, инфраструктуре и т.п.;

4) рациональное разграничение функций федеральных и региональных органов государственной власти, органов местного управления и водопользователей в части управления водными ресурсами должно быть законодательно определено.

Россия исключительно богата водными ресурсами, и в условиях дефицита воды во многих других странах это возбуждает желание продавать ее, перераспределяя речной сток самым примитивным, зато привычным способом - рытьем каналов. Каждый шаг по этому пути означал бы закрепление сырьевой ориентации российской экономики, ее дальнейшее технологическое отставание, рост ее неустойчивости со всеми вытекающими отсюда последствиями. Россия должна выбрать путь интенсификации своей экономики, а для этого надо развивать не новые сырьевые отрасли взамен существующих, а ресурсосбережение.

В полной мере это относится и к водопользованию, поскольку его эффективность у нас совершенно недостаточна, состояние водных объектов в промышленно развитых регионах неудовлетворительное, жилищно-коммунальный сектор пребывает на уровне - в лучшем случае - пятидесятилетней давности (если судить по развитым странам), а новые технологии водопотребления в сельском хозяйстве практически не внедряются. При выборе стратегии интенсификации водопотребления в собственном хозяйстве наша страна сможет принять активное и эффективное участие в разрешении проблемы дефицита пресной воды в Узбекистане, а также, возможно, в Казахстане и Туркменистане, поскольку у России в принципе есть все необходимое, чтобы стать технологическим лидером для этих республик.

* * *

В Белоруссии доступные водные ресурсы составляют 58 км^3 в год, на душу населения приходится 5700 м^3 в год, водозабор составляет 3 км^3 в год; на Украине водные ресурсы составляют 213 км^3 (включая Дунай, без его учета - существенно меньше; сколько-нибудь значительное использование дунайской воды на Украине возможно только в случае переброски), в расчете на душу населения - 4100 м^3 в год, водозабор достигает 33 км^3 в год. Промышленное потребление составляет в Белоруссии и на Украине примерно половину водозабора, но на Украине $2/3$ остальной части водозабора идет на орошение, а в Белоруссии только $1/3$.

Страны СНГ в Центральной Азии представляют районы водного голода, обусловленного не только природными условиями, но и быстрым ростом численности и плотности населения, а также неэффективностью водопользования (см. рис. 1.8.1 и табл. 2.7.10) и нерациональной структурой народного хозяйства. Последнее обстоятельство определено тем, что начиная с 1930-х годов из стратегических соображений сельское хозяйство региона было ориентировано прежде всего на выращивание монокультуры - хлопка. Все это обусловило быстрый рост потребности в воде и привело к необходимости создания управляемых водохозяйственных систем с целью обеспечения роста орошаемого земледелия, а также развивавшейся промышленности и коммунального хозяйства для удовлетворения потребностей растущего населения. В результате две крупнейшие реки региона - Амударья и Сырдарья были практически полностью зарегулированы еще в период существования СССР. Основная часть водных ресурсов

Таблица 2.7.10. Поверхностные водные ресурсы водосбора Аральского моря [Normatov, 2004]

Страна	Бассейн Амударьи, км ³ /год	Бассейн Сырдарьи, км ³ /год	Бассейн Аральского моря, км ³ /год	%
Казахстан	-	4,50	4,50	3,9
Киргизстан	1,90	27,4	29,30	25,3
Таджикистан	62,9	1,1	64,00	55,4
Туркменистан	2,78	-	2,78	2,4
Узбекистан	4,70	4,14	8,84	7,6
Афганистан	6,18	-	6,18	5,4
Центральная Азия	78,46	37,14	115,6	100,0

затрачивается здесь на орошение. Это привело к Аральской катастрофе - прекращению стока в Аральское море Амударьи и Сырдарьи, постепенному исчезновению четвертого по размерам озера-моря в мире, фактическому прекращению вылова рыбы, достигавшего 44 тыс. т в год, и потере 60 тыс. рабочих мест. С осушенной территории ветер выносит ежегодно от 40 до 150 млн т токсичной соленой пыли, засыпающей сельскохозяйственные поля. Тугайные леса вдоль русел и ветланды практически исчезли в дельтах Амударьи и Сырдарьи. Возникла проблема экологических беженцев, так как значительная часть территории Каракалпакии опустынена. Численность их может превысить 200 тыс. человек.

Площади орошаемых земель в странах Центральной Азии достигли 7,5 млн га. Этот рост породил ряд социально-экономических проблем. Эффективность использования оросительной воды на полях остается весьма низкой, переполив, обычно весьма значительные, обусловили поднятие уровня грунтовых вод и вторичное засоление почв, борьба с которым осуществляется их промывкой. Однако промывка дает лишь весьма краткосрочный эффект, а в долгосрочном аспекте приводит лишь к усилению вторичного засоления, так как увеличивает количество подаваемой на уголья воды и тем самым усиливает связь почвенных вод с сильно минерализованными подземными водами. Сбрасываемые с полей оросительные и промывные воды содержат значительные количества остатков удобрений и широко используемых на полях средств защиты растений - пестицидов, а воды с хлопковых полей - также и дефолиантов. Эти воды направлялись либо стихийно поступали в естественные понижения, в результате чего возникли крупные пресноводные, но чаще минерализован-

Таблица 2.7.11. Удельное водопотребление на производство ВВП и продукции аграрного сектора [Глазовский, 2004]

Группы стран по уровню ВВП	Страны	Водопотребление на производство ВВП, м ³ /долл.	Водопотребление на производство продукции аграрного сектора, м ³ /долл.
Менее 1 тыс. долл. в год	В среднем по населению мира для стран этой группы	1,37	(*)
	Азербайджан	3,31	10,53
	Киргизстан	2,73	5,36
	Таджикистан	5,62	13,16
	Узбекистан	3,20	12,51
От 1 до 4 тыс. долл. в год	В среднем по населению мира для стран этой группы	0,42	1,83
	Туркменистан	4,59	13,92
	Казахстан	1,46	3,83
	Россия	0,27	0,25

* Данные отсутствуют.

ные водоемы, например, на месте Арносайских солончаков и в Сарыкамышской впадине, где сформировались рыбные сообщества, ставшие предметом рыболовства. Однако в телах рыб, особенно скелете, обнаружены значительные концентрации пестицидов и их метаболитов, так что безопасность употребления в пищу этой рыбы весьма сомнительна.

Повышение уровня грунтовых вод в результате развития орошения за счет поверхностных вод повлекло их подъем до уровня выгребных ям и бактериальное загрязнение колодцев питьевой воды. Все это привело к распространению различных кишечных заболеваний и гепатитов, а также росту числа врожденных уродств. Из каждых десяти детей шесть уже в раннем детстве имеют хронические заболевания, если не врожденные уродства. Проблема чистой питьевой воды и санитарии в целом остается ключевой для всей территории Центральной Азии.

Серьезную проблему представляет трансграничный перенос воды. Истоки рек Амударья и Сырдарья лежат в Таджикистане и Киргизстане. Среднегодовой сток этих рек составляет 102 км³ в год [Проблема территориального..., 1985]. Эти реки поставляют воду в Узбекистан, Туркменистан и Казахстан. Туркменистан получает больше половины воды из других стран,

а Узбекистан - более 2/3. Киргизстан, один из основных поставщиков воды в Узбекистан, ставит вопрос об обмене воды на ископаемое топливо, которым Узбекистан достаточно богат. Это создает конфликтные ситуации. В таком же положении находится Таджикистан, где формируется сток многих рек Центральной Азии, но недостаточно ископаемого топлива, материально-технических ресурсов и земельных угодий. Поэтому в республиках Центральной Азии на политическом уровне идет обсуждение вопросов, связанных с созданием системы управления водно-энергетическими ресурсами для рационализации их использования, с межгосударственными расчетами и с реализацией мер по разрешению Аральского кризиса [Вахрушева, 2004; Касимова, 2004].

Табл. 2.7.11 с полной очевидностью показывает, что причины водного кризиса в республиках Центральной Азии прежде всего экономические (этим, конечно, ни в какой мере не отрицается социальная обусловленность ряда существенных в этом аспекте экономических факторов). В табл. 2.7.11 кроме показателей водопотребления для этих республик приведены данные по Азербайджану, где достаточно близкая структура хозяйства, хотя водообеспеченность существенно выше, а также - для сравнения - данные по России и средние по двум группам стран. Проблема дефицита воды в республиках Центральной Азии может быть решена только через водосбережение, через переход от экстенсивного к интенсивному типу водопользования. В настоящее время водное хозяйство и оросительные системы этих республик не соответствуют современному уровню, а структура реального сектора экономики пока не проявляет никаких признаков перестройки, необходимой для рационализации водопотребления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы, связанные с потреблением воды и ее дефицитом, настолько обострились в последние десятилетия, что стали рассматриваться как одно из самых значимых свидетельств общего кризиса цивилизации. Они являются фактором, сдерживающим развитие многих стран, источником межгосударственных конфликтов и нестабильности. Дефицит воды снижает качество жизни, наряду с бедностью становится причиной антисанитарии и роста заболеваемости населения. Дegradация многих водных объектов - это, может быть, самый яркий индикатор общего экологического неблагополучия на планете.

Многие развивающиеся страны, страдающие от дефицита воды, не имеют актуальных ресурсов для решения этих проблем, а мировой рынок не способствует актуализации их потенциальных ресурсов и не создает условий для преодоления водного дефицита. Поэтому необходимы меры, которые обеспечили бы более адекватное отражение роли водных ресурсов в мировой экономике, более полный учет ценности воды в стоимостных рыночных измерителях. Эти задачи имеют наднациональное содержание, они могут быть решены только на уровне мирового сообщества в целом.

Мировое сообщество должно разработать и использовать меры по интернализации внешних эффектов, прежде всего экологических, связанных с потреблением воды в мировой экономике; без этого значительная часть стран "третьего мира" не преодолеет стагнации и останется фактором глобальной неустойчивости. Однако попытка разработать достаточно жесткий международный договор (подобный Монреальскому протоколу о веществах, разрушающих озоновый слой, или Киотскому протоколу), который фиксировал бы обязательства стран в сфере водопользования и охраны вод, в настоящее время вряд ли была бы результативной. В качестве первого шага следовало бы подготовить и принять *Рамочную конвенцию о водопользовании*, наподобие ряда успешно действующих международных экологических соглашений, таких, как Венская конвенция об охране озонового слоя, Рамочная конвенция об изменении климата, Конвенция о биологическом разнообразии. Рамочная конвенция о водопользовании должна систематизировать и обобщить продуктивные идеи, выдвинутые гидрологией, экологией и экономикой, сфор-

мулированные в многочисленных документах ООН (в частности, решениях Всемирного саммита по устойчивому развитию в Йоханнесбурге, 2002), "Большой восьмерки", различных международных конференций, способствовать распространению и использованию этих идей во всех странах. Глобальный характер проблемы дефицита воды и ее уникальная роль в общечеловеческом хозяйстве обязывают к принятию таких мер.