

# 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

## 1.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО СТРАНАМ МИРА

Водные ресурсы в современном мире — самый востребованный природный ресурс. Их мировые запасы огромны, однако только малая их часть доступна и целесообразна для использования. Это относится к пресным водам.

**Пресные воды.** Пресной называют воду, в 1 л которой содержится не более 1 г растворенных веществ. Это соленость, соответствующая концентрации 0,1 %. Соленость океанической воды в среднем составляет 3,5 %.

Таблица 1

**Оценка количества воды в различных природных объектах**

Природные объекты	Объем (10 <sup>3</sup> км <sup>3</sup> )	% от общей массы	% пресной воды	Годо- вой оборот	Время замещения
Океан	1338000	96,5	—	505000	2600 лет
Подземные воды до 2000 м	23400	1,7	—	—	—
Пресные подземные воды	10530	0,76	30,1	—	—
Ледники и вечные снега	24000	1,74	68,7	—	—
Антарктика	21600	1,56	61,7	—	—
Гренландия	2340	0,17	6,68	2477	9700 лет
Арктические острова	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	10000 лет
Озера	176,4	0,013	—	10400	17 лет
Пресные озера	91	0,007	0,26	—	—
Соленые озера	85,4	0,006	—	—	—
Болота	11,5	0,0008	0,03	2294	5 лет
Реки	2,12	0,0002	0,006	49400	16 дней
Биологические объекты	1,12	0,0001	0,003	—	—
Атмосфера	12,9	0,001	0,004	600000	8 дней
Все объекты	1386000	100	—	—	—
Объем пресной воды	35000	2,53	100	—	—

Исходя из классификации, представленной в табл. 1, видно, что на долю пресных вод гидросферы приходится всего 2,5 %, остальные 97,5 % — воды Мирового океана, подземные воды, воды соленых озер. Более того, почти  $\frac{3}{4}$  всех пресных вод законсервировано во льдах и ледниках. Большая часть пресных подземных вод находится в труднодоступных областях, ее добыча также затруднена из-за глубокого залегания (более 4 км).

Доступных для хозяйственной деятельности пресных вод на Земле не так много — всего около 4,13 млн км<sup>3</sup>, или 0,3 % от объема гидросферы. Это пресные воды, содержащиеся в следующих хранилищах (приводится приблизительно):

- подземные месторождения — 4 000 000 км<sup>3</sup>;
- пресноводные озера — 91 000 км<sup>3</sup>;
- почвенная влага — 16 500 км<sup>3</sup>;
- атмосферная влага — 13 000 км<sup>3</sup>;
- болота — 11 500 км<sup>3</sup>;
- реки — 2 120 км<sup>3</sup>.

На эти воды человечество может рассчитывать.

Среди них наиболее доступны и повсеместно используются воды рек и озер. Однако неравномерное распределение этих вод по земле приводит к их дефициту. Проблема нехватки вод для питьевого водоснабжения может быть решена в ходе перераспределения речного и озерного стока с использованием *водохранилищ* (временное перераспределение стока) и протяженных каналов, предназначенных для территориальной *переборки стока*. В тех районах Земли, где отсутствуют естественные источники пресной воды (подземные воды, озера, реки, болота), стоит задача поиска *альтернативных* источников, к которым относятся: атмосферные воды, морские воды, биологическая вода, ледниковая вода, айсберги, почвенные воды.

**Альтернативные источники пресных вод.** С древности в странах с засушливым климатом были развиты инженерные конструкции по *сбору и хранению дождевых вод* в специальных подземных хранилищах — кяризах, представляющих собой цепь подземных галерей, укрепленных камнем, связанных между собой шахтами, и выходящих на поверхность земли в виде колодцев. Многие древние кяризы и сегодня действуют в Афганистане, Узбекистане, на Ближнем Востоке.

В городах и поселках, расположенных в *зоне вечной мерзлоты*, источниками воды являются подземные талики, грунтовые воды, наполняющиеся в летний период талой водой.

В настоящее время существуют технические методы *извлечения влаги из воздуха*. Это методы, основанные на явлении конденсации атмосфер-

ной влаги при понижении температуры воздуха ниже точки росы. На специальных холодильных установках происходит процесс конденсации, выделившаяся вода является дистиллятом. Производительность таких установок невысока ( $0,4\text{--}2,5 \text{ г/м}^3$ ), а стоимость затраченной энергии делает такой метод получения пресной воды нерентабельным. Другой метод получения воды из воздуха разрабатывается на основе специальных адсорбентов, которые очень эффективно впитывают атмосферную влагу, однако выделение воды из адсорбента связано со сложной системой ее очистки от примесей.

Наиболее продуктивны на сегодняшний день методы *опреснения морской воды*, основанные на естественном выпаривании и последующей конденсации пара, электродиализе, обратном осмосе, вымораживании, биологические методы с использованием бактерий и водорослей.

Тем не менее, главный источник пресной воды на сегодняшний день — воды озер, рек, подземные воды неглубокого залегания. Объем пресных подземных вод в зоне активного водообмена представлен по данным гидрогеологических разведок: активно используемые месторождения подземных вод составляют всего около  $22\ 000 \text{ км}^3$ . Вместе с водами рек и озер объем этих источников составляет около  $115 \text{ тыс. км}^3$ . В хозяйственный оборот в той или иной степени вовлечены почти все речные и озерные воды планеты.

**Пресноводные озера мира.** Пресноводные озера мира — главные хранители пресной воды. Достаточно сказать, что в трех крупнейших озерных системах мира (озера Байкал, Танганьика (Восточная Африка) и пять великих озер Северной Америки (Великое, Гурон, Мичиган, Эри, Онтарио)) сосредоточено почти  $56\%$  всей доступной пресной воды.

Озера распределены по поверхности земли неравномерно. Наибольшие скопления озер относятся к областям древнего оледенения, к районам тектонических разломов. Россия располагает самыми большими запасами пресных вод, среди них крупнейший резервуар пресной воды на планете, содержащий около  $26\%$  всей пресной воды, — озеро Байкал — крупнейшее пресноводное озеро объемом  $23\ 000 \text{ км}^3$  (что по объему равно пяти великим американским озерам).

Из полного объема пресных вод (включая ледники), оцениваемых в  $35 \text{ млн км}^3$  (см. табл. 1), объем озерных вод составляет всего  $91 \text{ тыс. км}^3$ . *Единовременный* объем вод всех рек мира составляет  $2,12 \text{ тыс. км}^3$ , что при сопоставлении с объемом озера Байкал дает представление о величии запасов воды в этом природном хранилище и о малости и уязвимости вод речных систем, чей главный защитный механизм против тотального загрязнения — возобновляемость.

**Речные воды.** Ресурсы речной воды, находящейся в активном круговороте, принято оценивать в единицах годового стока рек. Если воспользоваться данными о средней скорости полной смены речной воды в реках мира (16–18 сут), то полный речной сток всех рек на планете составит около 50 тыс. км<sup>3</sup>/год (46 800 км<sup>3</sup>/год). Этот сток включает сток поверхностных и подземных вод, оценка последних недостаточно точна, но известно, что многие крупные реки имеют не только поверхностный сток, но и подземный, часто сопутствующий поверхностному. Полный речной сток разделяется между поверхностным и подземным в следующих соотношениях: 28 км<sup>3</sup>/год приходится на долю поверхностного речного стока, 18,8 км<sup>3</sup>/год — на долю стока подземных рек.

Для использования речной воды доступно примерно 24 тыс. км<sup>3</sup>/год ресурсов. Такое сокращение потенциальных возможностей использования воды связано с большой неравномерностью распределения речного стока по территории, что вызывает нехватку воды в некоторых густонаселенных районах земного шара и ее избыток на труднодоступных территориях, в горных и малонаселенных районах, в заболоченных низменностях и др. Распределение пресных вод по ведущим государствам мира и водообеспеченность на душу населения этих стран приведены в табл. 2.

В России сосредоточена почти четверть мировых запасов пресных вод (поверхностных и подземных). По валовому объему водных ресурсов Россия занимает второе место после Бразилии, а по водообеспеченности на душу населения — третье место среди крупных стран.

Таблица 2

### Водные ресурсы и водообеспеченность ведущих стран мира

Страна	Ресурсы речного стока, км <sup>3</sup> /год	Водообеспеченность, тыс. м <sup>3</sup> /год-чел.
Россия	4348	30,2
Бразилия	8120	42,2
Канада	3420	109
США	3048	10,6
Китай	2700	2,1
Индия	2037	1,7

В России запасы пресных вод (включая подземный сток) оцениваются в 4348 км<sup>3</sup>/год, из них на долю поверхностного стока приходится около 3320 км<sup>3</sup>/год и около 1028 км<sup>3</sup>/год — на долю подземного стока. Однако доступный потенциал подземных вод на территории Российской Федерации составляет около 400 км<sup>3</sup>/год, из которого объем вод,

пригодных для использования (питьевого и хозяйственно-бытового, производственно-технического водоснабжения, орошения земель и обводнения пастбищ), составляет около  $34 \text{ км}^3/\text{год}^1$ .

На долю одного жителя России приходится около 30,2 тыс. м<sup>3</sup> пресной воды в год, что почти в 5 раз превышает среднемировой показатель, однако в расчете на  $1 \text{ км}^2$  площади государства обеспеченность речным стоком в 1,2 раза меньше, чем в среднем по Земному шару. По ресурсам подземного стока на единицу площади территория России уступает среднемировым показателям более, чем в 1,7 раза.

На рис. 1 приведено внутригодичное распределение речного стока для рек крупнейших государств мира<sup>2</sup>. Как видно, только для рек России характерна крайняя неравномерность внутригодичного распределения стока рек, когда почти 30 % годового стока приходится на 1 месяц в году (июнь), а 2/3 речного стока дают три месяца — май, июнь, июль. Подобный гидрограф характерен для многих рек Западной Сибири. Наиболее «зарегулированный» речной сток характерен для рек, вытекающих из озерных образований, рек с большой площадью бассейна, когда паводки на притоках приходятся на разное время года. Естественная «зарегулированность» реки крайне выгодна для ее гидроэнергетического использования, так как позволяет максимально отказаться от холостого сброса воды во время паводков и не создавать крупных водохранилищ.

Среди наиболее обеспеченных по воде стран (в расчете на квадратный километр территории и на душу населения) в мире является Канада. В Российской Федерации к наиболее водообеспеченным относятся районы: Северный, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский и Дальневосточный регионы. При этом Дальневосточный регион характеризуется самой высокой неравномерностью речного стока, муссонными паводками, частыми наводнениями.

Водным ресурсам Российской Федерации свойственна также значительная неравномерность распределения стока по территории страны. На освоенные районы европейской части страны, где сосредоточено более 70 % населения и производственного потенциала, приходится не более 10 % водных ресурсов<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup>Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (в ред. распоряжения Правительства РФ от 28.12.2010 № 2452-р).

<sup>2</sup>Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М. : Научный мир, 2010. 232 с.

<sup>3</sup>Водная стратегия Российской федерации на период до 2020 года...

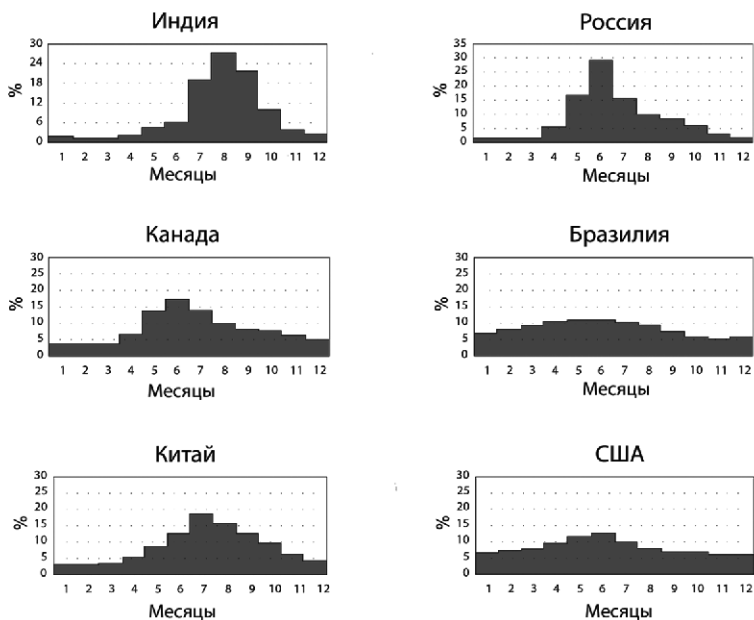


Рис. 1. Внутригодовое (по месяцам) распределение речного стока шести ведущих стран мира (в %)

**Возобновляемость водных ресурсов.** Говоря о ресурсах речных вод, всегда упоминают об их уникальном свойстве — возобновляемости. Из вышеприведенных данных видно, что речная вода в среднем по всем рекам мира за год обновляется 22 раза. От загрязнений, которые попадают в текущую воду и которые на всем протяжении реки не выпали из воды в виде осадка, река может очиститься. Однако последствия действий этих загрязнений на биотопы реки не проходят бесследно. Уничтожение биоценозов реки часто ведет к ее экологической деградации, проявляющейся, например, в исчезновении рыбного промысла, поэтому возобновляемость водных ресурсов — величина относительная. Восстановление качества подземных вод длится дольше, чем возобновление поверхностных вод и зависит от глубины их залегания. Замедленный водообмен для подземных вод означает их большую уязвимость для загрязнений, поэтому подземные воды, на которых основаны системы водоснабжения городов и населенных мест, относятся к стратегическим запасам и охраняются государством.

**Самоочищение вод.** Процессы самоочищения речных вод работают во времени и ведут к постепенному снижению уровня загрязнения и восстановлению природного качества воды.

- К основным механизмам самоочищения речных вод следует отнести:
- разбавление загрязнений и снижение их концентрации;
  - седиментация и оседание загрязнений в донных осадках и их захоронение;
  - деструкция органических загрязнений за счет жизнедеятельности гидробионтов;
  - кислородное окисление органических загрязнений за счет естественной аэрации воды;
  - ультрафиолетовое обеззараживание вод.

## 1.2. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В XX в. по всему миру отмечалось взрывное увеличение потребности в бытовой воде. Например, на протяжении многих столетий в мире на человека приходилось в среднем до 20 л воды в сутки, к началу XX в. — около 40 л, а к началу XXI в. — уже около 200 л в сутки на человека.

Объемы забора пресной воды из разных источников по всему миру к началу XXI в. оцениваются в 6000 км<sup>3</sup> в год. Мировая структура водопотребления по крупнейшим отраслям представлена в табл. 3.

*Таблица 3*

### **Мировое потребление ресурсов пресных вод по отраслям хозяйства**

Отрасль	Объем водозабора, км <sup>3</sup> / год	Характер водопотребления
Сельское хозяйство	3 400	Безвозвратное водопотребление. 15 % всех продуктивных земель — поливные, на них выращивается до 60 % всей с/х продукции мира
Промышленность	1900	70–80 % водозабора осуществляется в топливно-энергетическом секторе, процент снижается за счет внедрения оборотного водоснабжения
Коммунально-бытовое хозяйство	400	В питьевом водоснабжении наибольший процент использования подземных источников — до 47 %
Другие отрасли	100	—
Общий водозабор	6 000	Доля подземных источников речного стока в среднем по всему водозабору составляет около 15 %

**Водопотребление в РФ.** Общий объем забора (изъятия) водных ресурсов из природных водных объектов в Российской Федерации составляет 80 км<sup>3</sup> в год. В экономике ежегодно используется около 62,5 км<sup>3</sup> воды, свыше 90 % от этого объема приходится на:

- тепловую и атомную энергетику (37 %);
- агропромышленный комплекс (24 %);
- жилищно-коммунальное хозяйство (18 %);
- добывающую и обрабатывающую промышленность (12 %)<sup>1</sup>.

Структура забора пресной воды из водных источников поверхностных и подземных вод, а также показатели сброса сточных вод для России приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Основные показатели водопользования для России**

Структура забора пресной воды из водных источников поверхностных и подземных вод		Годы		
		1980	2003	2012
		Число водопользователей, тыс.		
		32	50	—
		Объем воды, км <sup>3</sup> /год		
Забор воды из природных источников	Общий водозабор:	113,3	72,7	80,0
	поверхностный сток	102	63	70
	подземный сток	11,3	10	10
	Используется в секторах экономики:	110	61,3	62,5
	промышленность	64	38,2	30,6
	сельское хозяйство, агропромышленный комплекс	23	9,5	15
	хозяйственно-питьевое водоснабжение	11,7	13,6	11,25
	прочее	11	—	5,65
Водоотведение, сброс вод	Всего	72,2	54,7	52
	Загрязненных	15,4	20	19,2
	Нормативно-очищенных	56,8	35	32,8

Как видно из табл. 4, в Российской Федерации потребление воды в агропромышленном комплексе и сельском хозяйстве составляет около 24 %, а в промышленности, включающей тепловую и атомную энергетику, добывающую и обрабатывающую промышленность, — почти 49 %.

<sup>1</sup>Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года... / water\_rf.ru



Снижение водопотребления в 2000-х гг. связано с общим спадом производства в стране, а снижение сбросов сточных вод в 2012 г. при общем увеличении объема водозабора говорит об увеличении доли водозабора в АПК, где учет стоков затруднен, и о внедрении систем оборотного водоснабжения в промышленности.

**Подземное водоснабжение.** В среднем в мире потребности в пресной воде на 85 % удовлетворяются за счет поверхностного стока. Хотя доля водозабора из подземных источников в общем объеме водозабора невелика (порядка 15 %), во многих регионах мира подземные воды широко используются для питьевого водоснабжения и орошения. Орошаемое земледелие сконцентрировано в Китае, на Индостане, в Центральной Азии, Северной Африке и на тихоокеанском побережье Южной Америки. Значительные территории орошения находятся также в США. 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 обеспечивается в основном за счет подземных вод. Интенсивное использование подземных вод приводит к понижению их уровня и нередко к 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 подземных вод сопровождается также просадками поверхности земли.

В России доля подземного водоснабжения в общем балансе водопотребления составляет 14–15 % от общего водозабора (см. табл. 4) и почти половину (46 %) от водозабора, идущего на нужды питьевого водоснабжения.

В настоящее время пресные подземные воды (степень минерализации менее 1 г/л) играют существенную роль в питьевом водоснабжении. Они относятся к стратегическим запасам государства и возможность их использования в случае чрезвычайных ситуаций определяет национальную безопасность России. Водным Кодексом РФ<sup>1</sup> предусмотрено создание резервных источников водоснабжения населенных пунктов на базе защищенных от загрязнений месторождений подзем-

---

<sup>1</sup>Водный кодекс РФ. М. : Проспект, 2008. 48 с.

ных вод, для которых должен быть установлен специальный режим охраны и контроля. В Водном кодексе РФ записано, что для средних и крупных городов системы хозяйственно-питьевого водоснабжения должны базироваться не менее, чем на двух независимых источниках подземных вод. Около 70 % городов России используют для питьевого водоснабжения подземные воды (это большей частью города с населением менее 50 тыс. человек), около 20 % городов — оба типа вод, около 10 % городов — только поверхностные источники.

Увеличивающееся использование подземных вод обусловлено следующими причинами:

- высоким качеством и доступностью подземных вод;
- растущим загрязнением источников поверхностных вод, что требует их очистки и санитарной подготовки;
- уязвимостью поверхностных источников для загрязнений как техногенного, так и террористического характера;
- необходимостью строительства водохранилищ для масштабного поверхностного водоснабжения.

Существуют и ограничения в использовании подземных вод, связанные с их недостаточной изученностью, небольшим дебитом разведанных скважин, иногда глубоким залеганием, требующим больших затрат в потреблении электроэнергии для подъема воды. Некоторые воды требуют дополнительной деминерализации, что ведет к удорожанию систем водоподготовки.

Прогнозные данные ресурсов подземных вод питьевого качества на территории России составляют до 400 км<sup>3</sup>/год<sup>1</sup>, однако они, как и поверхностные воды, распределены неравномерно. Наибольшими запасами обеспечены Сибирский и Дальневосточный округа. В этих зонах сплошного распространения вечной мерзлоты мощностью до нескольких сотен метров подземные воды концентрируются в таликовых зонах, откуда в межлетний период происходит их сработка, а в паводок — последующее восполнение. Такими подземными водами пользуются города за полярным кругом, например г. Норильск.

Показатель реальной обеспеченности подземными водами территории России колеблется от 0,5 до 2 л/с на каждый квадратный километр. К наиболее обеспеченным водой относятся Московская область; районы Северного Кавказа, Бурятии; Хакасская и Сахалинская области. Однако для промышленного использования эксплуатационные запасы воды составляют всего 20–30 км<sup>3</sup>/год, из которых потребляется около 10 км<sup>3</sup>/год.

---

<sup>1</sup>Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года...

**Эффективность водопользования.** Рациональность использования водных ресурсов в отраслях экономики страны во всем мире оценивается по водоемкости валового внутреннего продукта (ВВП). Для Российской Федерации водоемкость ВВП составляет около  $2,4 \text{ км}^3/\text{тыс. р.}$ , что значительно превышает аналогичный показатель для стран с развитой экономикой. Это говорит о нерациональности использования водных ресурсов.

Основные факторы нерационального использования водных ресурсов в Российской Федерации следующие<sup>1</sup>:

- применение устаревших водоемких производственных технологий (свыше  $4,8 \text{ км}^3$  воды в год теряется в орошаемом земледелии из-за низкого технического уровня и значительной степени износа мелиоративных систем и гидротехнических сооружений);

- высокий уровень потерь воды при транспортировке (объем потерь воды при транспортировке в Российской Федерации составляет до  $8 \text{ км}^3$  в год);

- недостаточная степень оснащенности водозаборных сооружений системами учета;

- отсутствие эффективных экономических механизмов, стимулирующих бизнес к активному внедрению прогрессивных водосберегающих технологий производства, систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения и сокращению непроизводительных потерь воды (около  $3 \text{ км}^3$  в год, или более 20 % от общего объема поданной в водопроводную сеть воды, теряется в системах централизованного водоснабжения из-за их неудовлетворительного технического состояния).

### 1.3. СЦЕНАРИИ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЭСНОЙ ВОДЫ

На рис. 2 показан рост потребления воды из водных источников в XX в. и сценарии его роста на ближайшие десятилетия (нижняя кривая). На верхней кривой представлена динамика изменения доступных ресурсов пресных вод с учетом изменения их качества и количества в результате загрязнения и иных антропогенных воздействий. Представленный график показывает, что в ближайшее время, через 10–20 лет, глобальное потребление воды в мире приблизится к объему доступных водных ресурсов. Пунктирными линиями на графике показаны возможные сценарии развития процесса водопотребления, кривизна представ-

---

<sup>1</sup>Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года...

ленных графиков может быть изменена, если идеи рационального водопользования найдут воплощение во всех сферах хозяйственной деятельности и водосберегающие технологии будут внедрены на всех уровнях человеческой деятельности.

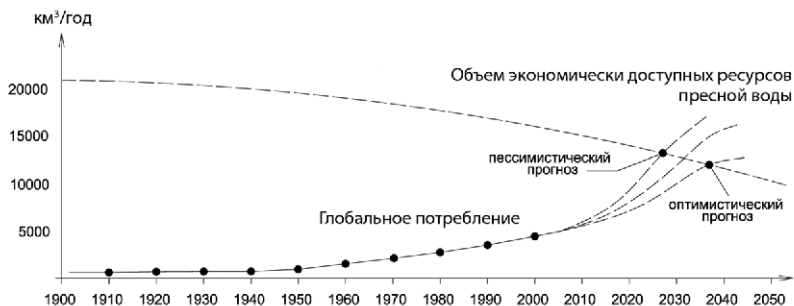


Рис. 2. Сценарии роста глобального потребления водных ресурсов

В табл. 5 приведена динамика потребления водных ресурсов на разных континентах за XX в. Для высокоразвитых государств она выросла более чем в 10 раз. Обращают на себя внимание огромные объемы водопотребления для стран Азиатского региона, где динамика водопотребления не так высока и главными водопользователями являются сельскохозяйственные отрасли, связанные с поливным земледелием.

Таблица 5

### Использование воды на континентах мира (км³/год)<sup>1</sup>

Регионы	Годы		
	1900	1960	2000
Европа	37,5 / 13,8	226 / 88,9	463 / 197
Северная Америка	69,6 / 29,2	410 / 138	705 / 243
Африка	40,7 / 27,5	89,2 / 61,3	235 / 170
Азия	414 / 249	1163 / 751	2357 / 1458
Южная Америка	15,1 / 10,8	65,6 / 39,6	182 / 96
Австралия и Океания	1,6 / 0,6	14,5 / 7,2	32,5 / 18,7
Итого	579 / 331	1968 / 1086	3973 / 2182

*Примечание.* До косой черты указано — полное водопотребление, после — безвозвратное.

<sup>1</sup>Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М. : Научный мир, 2010. 232 с.

Вода выполняет для человека три важнейшие функции: 1) производство продовольствия; 2) производство энергии и промышленной продукции; 3) бытовое водопотребление и удовлетворение санитарно-гигиенических потребностей. Использование воды в любом из отмеченных направлений ведет к ее загрязнению. Именно загрязнение водных объектов в настоящее время — основная причина дефицита водных ресурсов.

Функционирование живых организмов в биосфере основано на биотическом круговороте воды, участвующем в обменных процессах, протекающих в живых организмах, в процессах фотосинтеза, а также синтеза органических соединений у животных<sup>1</sup>. Вся биота биосферы участвует в биотическом круговороте воды, который по скорости на несколько порядков превышает скорость круговорота воды в биокосном веществе (сутки и тысячелетия). 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 осадки. Высокая интенсивность водообмена в живых организмах означает, что масса загрязняющих веществ, попадающая в водные объекты, в процессе водообмена непрерывно поступает в тела живых организмов, включая человека. Затем она участвует в процессе метаболизма и полного или частичного вывода из организма его продуктов. Таким образом организм человека (как и иных биологических существ) становится местом накопления соединений, не участвующих в обмене веществ и не имеющих механизмов удаления из организма. Такими соединениями являются большинство загрязнителей окружающей среды, соли тяжелых металлов, радионуклиды, полимеры.

Экологические последствия потребления водных ресурсов связаны не только с величиной водозабора, но и со структурой использования воды. Из табл. 3 видно, что основная масса потребляемой воды в мире (60 %) используется в сельском хозяйстве, в основном для орошения. Значительную часть воды (30 %) расходует индустрия, а остальная часть (10 %) направляется в коммунальное хозяйство. Эти пропорции меняются в разных странах, например, в США, в сельском хозяйстве и промышленности воды потребляется в равных количествах — около 45 %, а в России на долю сельского хозяйства приходится всего 15 % (см. табл. 4).

---

<sup>1</sup>Бестужева А.С. Гидроэкология. Ч. 1. Общая гидроэкология : курс лекций. М. : НИУ МГСУ, 2015.

**Потребление воды для сельскохозяйственных нужд.** 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. Возможности орошения сельскохозяйственных земель на огромных территориях связаны со строительством гидротехнических систем, преобразующих водосборы многих рек мира. Происходит постепенная замена естественных водосборов искусственными водораспределительными системами, активное изъятие воды из источников, перераспределение поверхностного стока, нарушение водного баланса подземных вод на больших территориях. В то же время использование воды для орошения против ожидания 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. Использование воды в сельском хозяйстве крайне неэффективно, из всей массы водозабора до 60 % идет на непродуктивное испарение, остальное возвращается в реки и подземные воды в виде загрязненной воды.

**Промышленное водопотребление.** Потребление воды на промышленных объектах сильно разнится в зависимости от степени развития водосберегающих и водоочистных технологий на предприятии. Чем более водоемкие технологии на предприятиях, тем больше образуется сточных вод. Трубы сброса сточных вод — точечные источники загрязнения, поддающиеся учету и классификации. Эти источники с нарастающим темпом создавались по мере индустриализации государств, но только во второй половине XX в. начали устанавливать сооружения для очистки сточных вод. Однако нет таких очистных сооружений, которые бы обеспечивали стопроцентную очистку. В результате некоторый уровень загрязнения водных объектов сохраняется. Для достижения нормативных или фоновых значений качества воды обычно требуется определенный уровень разбавления сбрасываемых очищенных сточных вод.

XX в. вошел в историю человечества как век экономического рывка, основанного на энергоемких технологиях. Научно-технический прогресс привел к появлению новых водоемких отраслей — тепловой и атомной энергетики, химии полимеров. Строительство промышленных комплексов приурочивалось к водным источникам, позволяющим создавать крупные водные резервуары. Например, для выплавки 1 т чугуна требуется  $250 \text{ м}^3$  пресной воды, для выращивания 1 т пшеницы —

1 тыс. м<sup>3</sup> в год, для выработки 1 млн кВт на АЭС — от 1,6 до 3 км<sup>3</sup> пресной воды в год. В результате на реках земного шара были построены плотины, созданы водохранилища, выполняющие функции водоснабжения промышленных исполинов. Гидроэлектростанции являются неотъемлемой частью всех крупных энергетических комплексов. Соотношение между различными отраслями энергетики менялось на протяжении XX в., бум гидрогенерации по всему миру пришелся на 1960–1970-е гг., когда были построены каскады гидроузлов на крупнейших реках планеты.

На рис. 3 представлена диаграмма выработки электроэнергии на электростанциях мира, как видно, на долю гидрогенерации в настоящее время приходится около 16 %.



Рис. 3. Мировое производство электроэнергии по видам топлива с 1971 по 2006 гг.

Диаграмма по степени реализации гидроэнергетического потенциала на различных континентах представлена на рис. 4. Распределение гидроэнергетического потенциала по территории земной суши неравномерно, наивысшей степени освоения энергопотенциала своих рек достигли государства Европы, США, Канада и Австралия, где для сооружения ГЭС уже использовано большинство выгодных речных створов. Согласно имеющимся данным, по величине расчетного гидроэнергетического потенциала впереди стоит Азия (42 % мирового гидроэнергетического потенциала), за которой следуют Африка (21 %), Северная и Южная Америка (по 12–13 %), Европа (9 %), Австралия и Океания (3 %).

Наиболее благоприятные ресурсные предпосылки для развития гидроэнергетики имеют Азия, Африка и Латинская Америка. На развивающиеся страны в целом приходится примерно 2/3 всего неосвоенного мирового гидроэнергетического потенциала.

Россия обладает очень большими гидроэнергетическими ресурсами. Ее теоретический потенциал оценивается в 2900 млрд кВт.ч, технический — в 1670 млрд кВт.ч, экономический — в 850 млрд кВт.ч в год. Но распределяется он по стране крайне неравномерно: на европейскую часть приходится 15 % от энергетического потенциала, а на азиатскую — 85 %. Освоено из него пока лишь 18 % (в том числе в европейской части — 50 %, в Сибири — 19 и на Дальнем Востоке — 4 %).

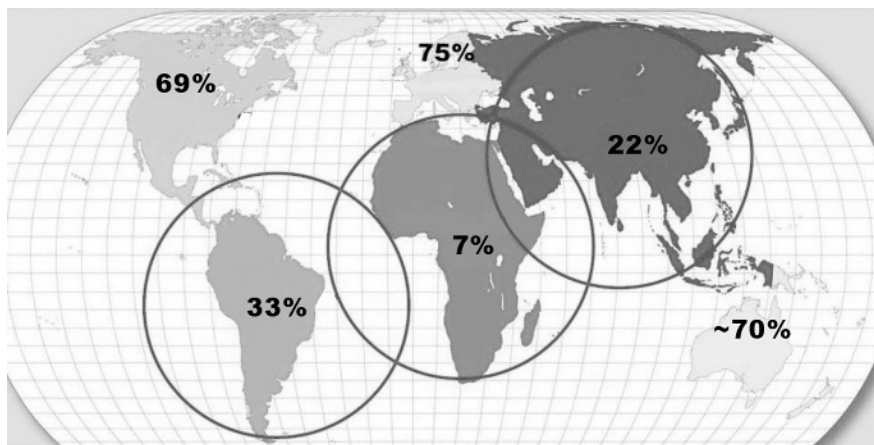


Рис. 4. Гидроэнергетический потенциал рек мира и его реализация по континентам (мировое производство гидроэнергии — 2900 ТВт/ч в 2006 г.; реальный потенциал производства гидроэнергии — 8600 ТВт/ч; реализовано 1/3 потенциала)

Несмотря на то, что гидроэнергетика — наиболее экологичный вид получения электроэнергии, а также наиболее экономичный за счет комплексности использования водных объектов, строительство ГЭС часто вызывает нарекания со стороны местных общественных организаций. Строительство ГЭС сопряжено с созданием водохранилищ, коренным изменением условий жизни местного населения, разрушением транспортной инфраструктуры, новыми гидрогеологическими процессами, проявляющимися на берегах водных объектов. Из-за подъема уровня воды в водохранилище часть земель хозяйственного использования оказывается в зоне подтопления, что требует дополнительных затрат на



ее осушение. Площадь, на которой происходят изменения окружающей среды при создании водохранилищ, не уступает площади самих водохранилищ. Огромные резервуары воды, по внешним параметрам напоминающие большие озера, во многом имеют с озерами общие черты и сходные эволюционные процессы, однако уровненный режим этих водоемов регулируется работой гидроузла и, в отличие от природных объектов, часто испытывает большие колебания, что для равнинных водохранилищ проявляется целым комплексом негативных последствий. Тем не менее все государства, располагающие достаточными водными ресурсами, пытаются по максимуму использовать их энергетический потенциал.

Итак, на начало XXI в. в мире насчитывалось более 3 тыс. водохранилищ с полным объемом от  $0,1 \text{ км}^3$  и выше, объем воды в них составляет  $6330 \text{ км}^3$ .<sup>1</sup> Динамика создания таких водохранилищ по всему миру представлена в табл. 6. Как видно из табл. 6, наибольшее число водохранилищ в первой половине XX в. было построено в США и Канаде. В 1950–1970-х гг. была построена почти половина всех крупных гидроузлов мира. К настоящему времени высокая интенсивность строительства гидроузлов сохраняется в странах юго-восточной Азии, Турции и Китае.

В Российской Федерации функционирует водохозяйственный комплекс — один из крупнейших в мире, включающий более 30 тыс. водохранилищ и прудов общим объемом свыше  $800 \text{ км}^3$  и полезным объемом  $342 \text{ км}^3$ , в том числе 2220 водохранилищ объемом более  $1 \text{ млн м}^3$ . Сеть каналов межбассейнового и внутрибассейнового перераспределения стока, водохозяйственных систем водно-транспортного назначения общей протяженностью более 3 тыс. км позволяет осуществлять переброску стока в объеме до  $17 \text{ км}^3$  в год<sup>2</sup>.

Для обеспечения безопасности поселений, объектов экономики и сельскохозяйственных угодий от негативного воздействия вод возведено свыше 10 тыс. км дамб и других объектов инженерной защиты.

---

<sup>1</sup>Авакян А.Б., Лебедева И.П. Водоохранилища XX века как глобальное географическое явление // Известия РАН. Серия географическая. 2002. № 3. С. 13–20.

<sup>2</sup>Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года.

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)