

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тихоокеанский государственный университет»

М. Н. Шевцов

**ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Хабаровск
Издательство ТОГУ
2015

УДК 628.1:574
ББК Д22+Е081
Ш 378

Рецензенты: Доктор технических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность»
ДВГУПС *В. Д. Катин*;
директор дальневосточного предприятия «Росводоканал» кандидат технических наук, доцент *А. Д. Лернер*

Шевцов, М. Н.

Ш 378 Водно-экологические проблемы и использование водных ресурсов /
М. Н. Шевцов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 197 с.

ISBN 978-5-7389-1817-9

Рассматриваются вопросы состояния водных ресурсов и оценки качества природных вод. Изложены материалы по влиянию хозяйственной деятельности на водные ресурсы. Дана классификация вод по интегральным и физико-химическим показателям. Освещены основные водно-экологические проблемы Российской Федерации и Республики Казахстан. Развёрнуто представлены экологические аспекты решения водно-экологических проблем и использования водных ресурсов.

Издание предназначено для специалистов в области экологии водного хозяйства, охраны комплексного использования водных ресурсов. Будет полезно для магистрантов по направлениям «Экология и природопользование», «Строительство», «Водоснабжение, канализация», «Природобустройство и водопользование».

УДК 628.1:574
ББК Д22+Е081

Монография выполнена в рамках программы ШОС

ISBN 978-5-7389-1817-9

© Шевцов М. Н., 2015
© Тихоокеанский государственный университет, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Одной из первоочередных государственных проблем, независимо от экономического потенциала любой страны, является охрана природных ресурсов, безопасное устойчивое водопользование с сохранением качества окружающей среды. Особенную остроту эта проблема приобретает в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на водные объекты и возникновении чрезвычайных ситуаций. [1]

Вода – своеобразный и удивительный минерал, наиболее распространенный на нашей планете и обеспечивающий существование живых организмов на Земле.

Еще в древности многие философы считали, что всё происходит от воды. Например, Фалес Милетский (624–548 гг. до нашей эры, Древняя Эллада) считал, что «вода есть вещество изначальное, составляющее материальную основу вещей». Обобщающую характеристику воды дал известный французский писатель А. де Сент-Экзюпери Он писал: «Вода! У тебя нет ни вкуса, ни запаха, тебя не опишешь, тобой наслаждаешься, не понимая, что ты такое... Ты просто необходима для жизни, ты и есть сама жизнь. Ты не терпишь примесей, не выносишь ничего чужеродного, ты божество, которое так легко испугнуть. Но ты даешь нам бесконечно простое счастье...» [3]

Климат и погода на Земле во многом определяются наличием водных пространств и содержанием водяного пара в атмосфере. Реки и моря имеют огромное значение для развития водного транспорта. Они служат источниками электроэнергии. Также вода необходима в промышленности. Обладая хорошей теплоемкостью, текучестью, растворяющей способностью, подъемной силой и другими ценными качествами, вода является неотъемлемой частью практически всех производственных процессов. Для современной промышленности характерен рост водоемких производств. В некоторых производствах только для того, чтобы выпустить тонну готовой продукции необходимо затратить сотни

тонн воды. Вода необходима в сельском хозяйстве. Она нужна для удовлетворения хозяйственно-бытовых нужд населения.

Одновременно с этим природные воды испытывают мощный пресс промышленного, коммунального, сельскохозяйственного производства и транспорта.

Человек как живой организм с присущими ему физиологическими процессами предъявляет высокие требования к качеству и режиму используемой им воды, но сам часто подходит к ней безответственно. Эксплуатируя морально и физически устаревшие технологии производства оборудования, санитарно-технические приборы низкого качества, относясь к воде, как к бесплатному природному дару, он нередко становится заложником этих действий. Органами здравоохранения России и других стран мира достоверно установлена связь между продолжительностью жизни, здоровьем людей и качеством воды. В масштабах всего мира около 7 % всех случаев преждевременной смерти людей связаны с плохим качеством питьевой воды и проблемами санитарно-гигиенического обеспечения.

С ростом научно-технического прогресса воздействие общества на природные воды непрерывно возрастает. Особенности размещения водных объектов, водообильность, степень соответствия водного режима графику потребления, характер взаимосвязи поверхностных и подземных вод определяют их специфическую экологическую и экономическую роль. Многообразие внешних и внутренних связей водных объектов с элементами живой и неживой природы, их взаимодействие в процессе круговорота воды в природе приводят к разновременным и специфичным обратным реакциям различных элементов речных бассейнов на изменения водной среды в результате хозяйственной деятельности. Сложность таких взаимосвязей и значительное запаздывание конкретных проявлений (реакций) общества на изменения природных вод по количественным и качественным показателям обуславливают имеющие место на практике погрешности при прогнозировании возможных последствий хозяйственной деятельности на стадии

проектирования того или иного мероприятия или объекта на состояние водных источников и условия жизни населения. [2]

Без природной воды немыслимо любое материальное производство. В то же время практика показала, что при последовательном использовании воды без изменения ее качества и удовлетворение потребности производственных процессов из систем оборотного водоснабжения возрастают условия рационального использования водных ресурсов. Изменяется водообеспеченность региона, в который подается вода из другого речного бассейна. Все это требует перехода от примитивных оценок к более глубокому изучению экологических проблем, осмыслению режима природных вод и возможности управления ими. Это потребует усиления взаимодействия заинтересованных сторон по развитию и совершенствованию интегрированного управления водными ресурсами и в целом водохозяйственным комплексом.

Водные ресурсы являются общим достоянием и для решения водных национальных проблем необходимо международное сотрудничество. Примером могут служить:

- Соглашение об основных принципах взаимодействия в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов, которое было заключено в Москве в 1998 году договаривающимися странами (Белоруссия, Казахстан, Россия, Таджикистан) и вступило в силу в 2002 году,

- Соглашение между Правительствами Российской Федерации и Республики Казахстан о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов, заключенное в 2010 году в Усть-Каменогорске,

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что вода – бесценное богатство человечества, поэтому водные ресурсы люди должны бережно и экономно использовать и охранять.

1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

1.1. Распределение воды на Земле

Под гидросферой понимают водную оболочку Земли: океаны, моря, реки, озера, водяной пар атмосферы, подземные воды, льды. Мировой океан в огромной степени влияет на стабилизацию природных условий на поверхности планеты. Это обусловлено его массой и значительностью занимаемой площади.

Из общей площади поверхности Земли 510 млн км² занимает суша, что составляет 29,2 %. Остальная часть планеты – моря и океаны. Запас воды Мирового океана достигает 1370 млн км³. Пресные воды рек и озер занимают около 230 млн км³, ледники – 24 млн км³. Плавление ледников могло бы повысить уровень Мирового океана на 0,64 м и привести к затоплению 1 % суши.

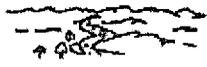
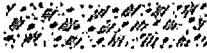
Подземные воды (в толще до 5 км) составляют 60 млн км³, из них 4 млн км³ находятся в зоне активного водообмена. В поверхностных слоях содержится 85 тыс. км³ почвенной влаги.

Вода находится в постоянном движении – ее количество и качество изменяются во времени и в пространстве. Водные ресурсы характеризуются вековыми запасами и возобновляемыми ресурсами.

К *вековым естественным запасам* (м³, км³) пресных вод суши относят воды, одновременно находящиеся в озерах, реках, ледниках, а также в водоносных слоях подземных пород (подземные воды).

К *возобновляемым водным ресурсам* (м³/с, м³/год, км³/год) относятся те воды, которые ежегодно возобновляются в процессе круговорота воды на Земле (табл. 1.1), водообмена между сушей и океаном.

Распределение запасов воды в гидросфере [4]

Поверхностные воды	Водные объекты	Объем воды, л	Доли от общего объема воды, %
	Пресноводные озера	$125 \cdot 10^{15}$	0,009
	Соленые озера и внутренние моря	$104 \cdot 10^{15}$	0,008
	Русла рек (среднее)	$1 \cdot 10^{15}$	0,0001
	Вадозные воды, включая почвенную влагу	$67 \cdot 10^{15}$	0,005
Подземные воды	Подземные воды на глубине полумили	$4,170 \cdot 10^{15}$	0,31
	Глубоко залегающие подземные воды	$4,170 \cdot 10^{15}$	0,31
Другие водные объекты	Ледяные шапки и ледники	$29000 \cdot 10^{15}$	2,15
			
	Атмосфера	$13 \cdot 10^{15}$	0,001
	Мировой океан	$1320000 \cdot 10^{15}$	97,2

1.2. Круговорот воды в природе и оценка водных ресурсов

Круговорот воды в природе обусловлен солнечной радиацией, под воздействием которой происходит испарение воды с поверхности океанов, морей, озер и водохранилищ, а также с поверхности суши. Поднимаясь в верхние слои атмосферы, испарившаяся вода конденсируется и под влиянием силы тяжести в виде осадков вновь возвращается в водные объекты и на сушу. Таким образом, основным источником осадков на поверхности материков является перенос воздушными течениями влаги, испарившейся с поверхности океанов и морей. Количество воды, испарившейся за год с поверхности океанов и морей, составляет около $452,6 \text{ тыс. км}^3$, а с поверхности суши – $72,5 \text{ тыс. км}^3$ (рис. 1.1).

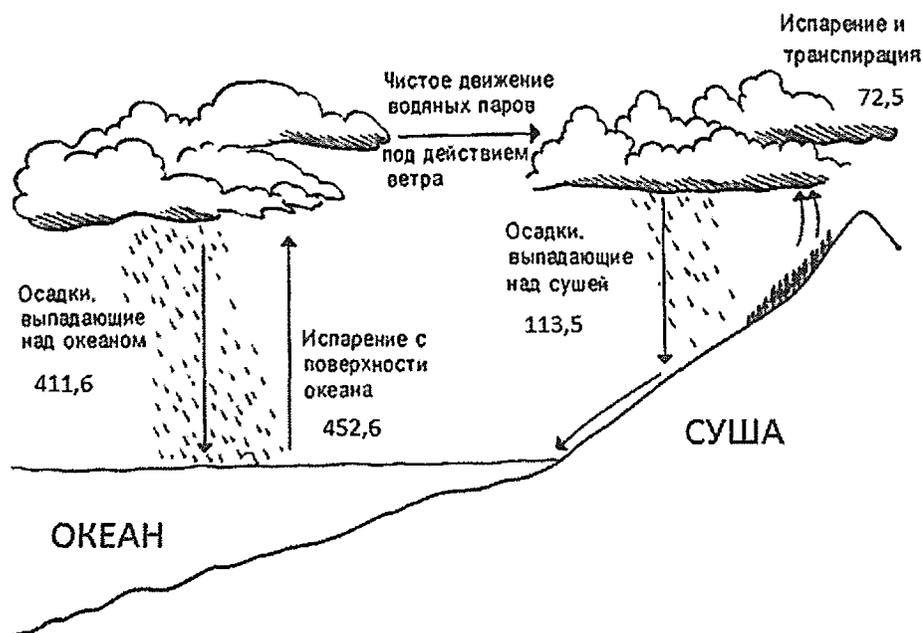


Рис. 1.1. Схема мирового влагооборота

Цифрами показаны объемы элементов водного баланса в тысячах кубических метров

Основное количество испарившейся воды ($411,6 \text{ тыс.км}^3$) выпадает на поверхность Мирового океана, не достигнув континентов. Остальная часть испарившейся воды ($113,5 \text{ тыс.км}^3$) выпадает на поверхность суши и, стекая по склонам под воздействием силы тяжести, образует водные потоки и пресные водоемы, а также фильтруется в грунт, питая подземные воды. Количество осадков на суше превышает объем испарения на 41 тыс.км^3 , и за счет этого образуются речной и подземный стоки.

Речной сток – количество воды, протекающее по реке в определенном ее сечении в течение некоторого периода времени: секунды, часа, суток, месяца, года, многолетнего периода.

Речной сток зависит не только от количества осадков, которые непосредственно стекают по поверхности суши, но и от количества воды, поступающей из подземных бассейнов, в определенной степени являющихся регуляторами стока рек. Для рационально использования водных ресурсов весьма важно понимать процессы взаимосвязи речного и подземного стока. Простое сложение величин поверхностных и подземных водных ресурсов недопустимо, так как в многоводные периоды года речные воды являются

источником пополнения запасов подземных вод, а в маловодные периоды подземные источники регулярно питают водой реки, озера и водохранилища. Подземные воды обычно движутся в направлении к понижениям земной поверхности. В зависимости от разницы между количеством осадков, поступивших в грунт путем инфильтрации и конденсации, и количеством протекающих подземных вод уровень подземных горизонтов колеблется, то повышаясь, то понижаясь.

Распределение подземных вод по площади и глубине речного бассейна может быть весьма разнообразным и сложным. Реки получают грунтовое или артезианское подземное питание. Грунтовые и артезианские воды отличаются друг от друга не только по условиям их формирования, но и по взаимосвязи с поверхностными водами. Грунтовые воды обеспечивают как постоянное, так и сезонное питание рек. Эти воды являются безнапорными или имеют незначительный местный напор. Артезианское питание осуществляется напорными водами, которые выклиниваются на отдельных небольших участках речного бассейна в виде родников.

Озера, водохранилища и в меньшей степени реки пополняются также осадками, выпадающими непосредственно на поверхность водных объектов. В свою очередь реки могут подпитываться запасами воды, которые образуются в озерах и водохранилищах.

Оценка водных ресурсов по среднему годовому стоку получила широкое распространение при прогнозировании использования воды и оценке водообеспеченности. Между тем сток истощается в результате забора воды из реки или озера для хозяйственных нужд. При этом значительная доля воды теряется в процессе хозяйственного использования, особенно на нужды орошаемого земледелия.

При водохозяйственном прогнозировании следует учитывать, что озерные, речные, ледовые, подземные воды в процессе круговорота воды в природе связаны между собой и переходят один в другой. Основным и

единственным для всех видов вод исходным звеном круговорота воды в природе являются атмосферные осадки, питающие озера, реки, ледники и подземные воды. Вместе с этим реки питают озера, а подземные воды – реки.

Природные воды непрерывно расходуются и возобновляются. Речные воды, имея сравнительно небольшой объем, возобновляются примерно каждые 16 суток (более 20 раз в год). Подземные воды возобновляются в течение примерно 1400 лет, а горные ледники – в течение 1600 лет. [4]

Взаимосвязь осадков, испарения, речного и подземного стока может быть представлена *уравнением водного баланса*, учитывающего приход и расход воды за определенный интервал времени на рассматриваемой территории. Для многолетнего периода уравнение водного баланса земного шара можно записать в следующем виде:

$$X_o + X_c = E_o + E_c, \quad (1.1)$$

где X_o и X_c – осадки, выпадающие на поверхность Мирового океана и суши соответственно; E_o и E_c – испарение с поверхности Мирового океана и суши соответственно.

Применительно к приведенным выше количественным значениям испарения и осадков в принятых единицах измерения (тыс. км³ в год) уравнение (1.1) приобретает вид

$$411,6 + 1135 = 452,6 + 72,5.$$

Для замкнутого речного бассейна уравнение водного баланса более сложно, особенно применительно к относительно небольшим интервалам времени (месяц, сезон). При составлении баланса за год в целом используется сравнительно простое уравнение:

$$X = R + E \pm \Delta I, \quad (1.2)$$

где X – выпавшие на водосбор реки осадки; R – речной сток, включающий поверхностную (R_1) и подземную (R_2) составляющую, т.е. $R_1 + R_2 = R$; E – суммарное испарение с водосборной площади речного бассейна, в свою очередь состоящее из испарения с поверхности суши и испарения с поверхности озер,

водохранилищ и других водных объектов; $\Delta И$ – изменение запасов воды в подземных бассейнах и в поверхностных водоемах.

Подробная характеристика водных балансов приводится в учебниках по гидрологии [5]. Составление этих балансов имеет огромное значение для определения величин поверхностного и подземного стоков в зависимости от различных факторов их формирования. При решении задач рационального использования и охраны водных ресурсов применяются *водохозяйственные балансы*, методика составления которых изложена в соответствующей литературе. [3]

Речной и подземный сток не изменяют общего количества воды на земном шаре, а только перераспределяют ее в пространстве и во времени. Они являются основной составляющей располагаемых водных ресурсов, используемых населением и различными отраслями экономики. Речной сток оказывает также существенное влияние на формирование и преобразование окружающей среды. Также с водами происходит перемещение растворенных в них взвешенных частиц и элементов, вследствие чего происходит перераспределение химических элементов на материках, а также между материками и океанами. В результате водной эрозии и аккумуляции формируется рельеф материков. Реки транспортируют воду из районов с большим увлажнением в засушливые районы.

Речной сток изменяется во времени, однако потребности в воде редко совпадают с циклом стока. Для того чтобы излишки стока, возникшие в полноводные сезоны, могли служить запасом в засушливые сезоны, необходимо строить плотины, водохранилища и распределительные системы. В результате создаются большие открытые резервуары и озера, из-за чего неизбежно растут потери испарения.

В зависимости от природных условий отдельные составляющие полного подземного стока (например, капиллярная влага, конденсация водяных паров)

могут отсутствовать. Схема водооборота воды в пределах речного бассейна представлена на рис. 1.2.

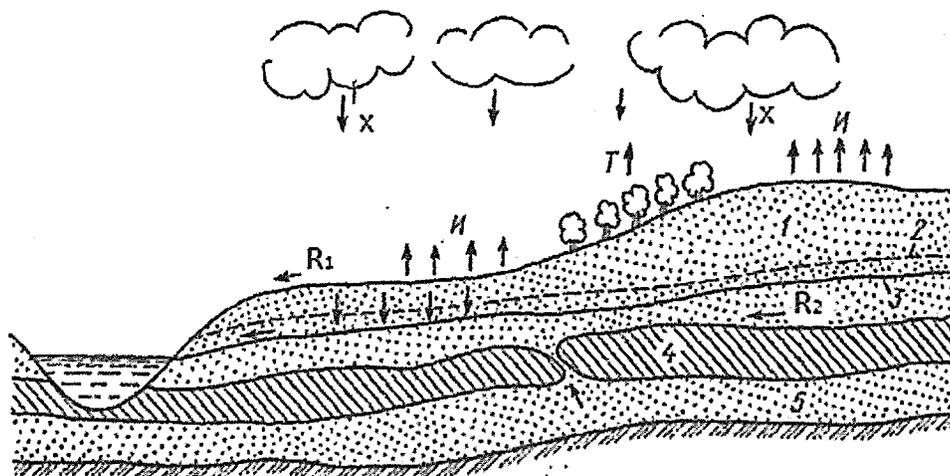


Рис. 1.2.Схема водооборота в пределах речного бассейна

1 – зона парообразной и пленочной воды; 2 – граница капиллярной каймы;
3 – дисперсионная поверхность; 4 – водонепроницаемый слой; 5 – область напорных
подземных пород

Подземные воды на планете составляют 14 % всех пресных вод. Роль подземных вод возрастает в связи с загрязнением поверхностных вод. Системы питьевого водоснабжения с использованием подземных вод развиваются в странах Европы (до 90 %), США (50 %), РФ (40 %).

С каждым годом на Земле растет водопотребление, но, поскольку запасы воды ограничены и неравномерно расположены на земной поверхности, в перспективе пополнить дефицит воды возможно из морей и океанов. [4] Мировой океан – неисчерпаемый водный резервуар, однако содержащиеся в морской воде соли мешают ее использованию в сельском хозяйстве, промышленности и быту для питьевых нужд без предварительного опреснения. Для получения пресной воды используют опреснительные установки. Практически из морской воды можно сделать неограниченное количество пресной воды. Однако широкое использование пресной воды для нужд человека возможно только после технико-экономического обоснования. Следует так же отметить, что использование водных ресурсов Мирового океана осложняется

тем, что степень загрязнения океанских вод с каждым годом возрастает. К числу наиболее вредных химических загрязнителей относятся нефть и нефтепродукты.

В последние десятилетия подземный и особенно речной сток испытывают все увеличивающееся антропогенное воздействие. Заборы воды на орошение земель, промышленные и коммунально-бытовые нужды, создание и эксплуатация стокорегулирующих водохранилищ и прудов, системы переброски вод из одного речного бассейна в другой, осушение болот и заболоченных территорий, агролесотехнические мероприятия на водосборах рек существенно сказываются на речном стоке. Поэтому для определения конкретных величин речного стока используется не только данные стационарных гидрологических наблюдений, но и данные о хозяйственной деятельности на водосборе и в первую очередь данные о безвозвратном водопотреблении (включая переброски стока), изменении запасов воды в водохранилищах и прудах, испарение их с водой с поверхности. Как правило, определяются так называемые «восстановленные» гидрологические характеристики, для расчета которых применяются методы практически новой науки – «антропогенной гидрологии».

[5,6,7]

В водохозяйственных и водно-экологических расчетах наиболее используемыми являются следующие характеристики речного стока: норма стока или его среднемноголетнее значение, годовой и месячный сток расчетной обеспеченности, максимальные и минимальные расходы воды, высшие и низшие уровни воды рек и озер. [3]

1.3. Классификация водных ресурсов

В настоящее время к категории водных ресурсов, как правило, относятся пресные и слабоминерализированные воды, которые с учетом выполнения требований в области охраны вод используются населением и различными отраслями экономики или могут быть использованы в обозримой перспективе.

Водные ресурсы в основном принадлежат к категории возобновляемых природных ресурсов. В то же время они должны использоваться таким способом, чтобы исключить возможность необратимых изменений в состоянии окружающей среды.

Основными источниками водных ресурсов являются:

- природные поверхностные воды;
- подземные пресные воды.

Дополнительными источниками водных ресурсов, используемых в настоящее время в ограниченном размере, но при определенных условиях, перспективных в будущем, служат:

- минерализованные и термальные подземные воды;
- прибрежные морские воды;
- пресные воды ледников (в зависимости от развития техники доставки льда на дальние расстояния);
- солёные океанические воды;
- некоторые виды сточных вод.

Вторичное (многократное) использование забранных из природных источников вод становится все более актуальным как в промышленности, так и в ирригации. Однако, для реализации этого мероприятия в большинстве случаев требуется доочистка сточных вод, что связано с дополнительными затратами.

[3]

По объему, происхождению и местонахождению водные ресурсы принято подразделять на местные, региональные и глобальные, а по принадлежности – на национальные, межгосударственные и всеобщие.

Местными поверхностными водными ресурсами принято считать воду, формирующуюся непосредственно в данной местности, например малые реки и малые озера какой-либо административной области, группы областей, экономического района.

К региональным поверхностным водным ресурсам в первую очередь относят транзитные воды крупных и средних рек, обслуживающих не только данную местность, но и территории, находящиеся выше и ниже по течению реки.

Водные ресурсы используют в народнохозяйственной деятельности в следующих направлениях: водоснабжение (коммунальное, промышленное); орошение сельскохозяйственных угодий и обводнение земель; тепло- и гидроэнергетика; водный транспорт; рыбоводство; использование водоемов, водотоков и водных территорий для рекреационных целей (отдых, занятия спортом). Кроме того, водотоки и водоемы используют в качестве приемников избыточной воды с поливных и осушаемых земель, предварительно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, а также для осуществления процессов самоочистки в водоемах. [4]

Подземные водные ресурсы подразделяются на естественные и эксплуатационные.

Под *естественными подземными водными ресурсами* подразумевают воды, формирующиеся в естественных (не нарушенных эксплуатацией подземных водозаборов) условиях под влиянием атмосферных осадков, фильтрации из рек и озер, просачивания и перетекания из вышерасположенных территорий. Сведения о величине этих ресурсов используются для составления водных балансов, оценке долевого участия подземного стока в речном, в других гидрологических расчетах.

При планировании водохозяйственных и водоохраных мероприятий используются данные об *эксплуатационных ресурсах подземных вод*, под которыми понимается «то количество подземных вод, которое может быть отобрано рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями». [8] Эти ресурсы характеризуют предельные возможности извлечения подземных вод по относительно большим территориям в целом. В то же время необходимо принимать во внимание природное единство поверхностных и подземных вод, количественная оценка взаимосвязи которых

представляет собой довольно сложную задачу, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении. [9]

При проектировании водозаборных сооружений используются сведения о *разведанных запасах подземных вод*, являющихся частью эксплуатационных ресурсов и определяемых на основе детальных разведочных работ, включающих бурение разведочных и опытных скважин и наблюдение за их водным режимом. [3]

1.4. Водообеспеченность водными ресурсами

Различаю две основных разновидности водообеспеченности – водообеспеченность территории и водообеспеченность населения.

Под *водообеспеченностью территории* понимается количество водных ресурсов, приходящихся на единицу площади рассматриваемой территории. Величина этой водообеспеченности, выраженная в тыс. м³ на 1 км², используется в гидрологии и географии главным образом для оценки влияния физико-географических условий на формирование речного и подземного стока.

Для оценки возможностей удовлетворения потребностей в воде населения, промышленности и сельского хозяйства обычно используется величина *водообеспеченности населения*, которая является интегральной характеристикой, определяемой по количеству водных ресурсов на одного жителя, проживающего в пределах рассматриваемой территории.

При расчете водообеспеченности в качестве исходных могут использоваться данные о различных видах водных ресурсов. В водохозяйственной практике наибольшее распространение получила оценка водообеспеченности по величине ежегодно возобновляемых ресурсов пресных поверхностных вод, т.е. по величине речного стока (включая его подземную составляющую) на одного жителя того или иного государства, речного бассейна или объекта административно-территориального деления. Сведения о речном стоке 12 крупных рек мира приведены в табл. 1.2. [3, 4].

Водные ресурсы крупных рек мира

Название реки	Среднеголетний речной сток, км ³ в год	Площадь водосбора, тыс.км ²	Место впадения реки
Амазонка	4690	7180	Атлантический океан
Конго (Заир)	1260	3700	Атлантический океан
Ганг (включая Бразмапутру)	1200	2060	Индийский океан
Янцзы	980	1810	Восточно-Китайское море
Енисей	630	2580	Карское море
Обь	400	2930	Обская губа
Амур	343	1855	Охотское море
Волга	254	1360	Каспийское море
Дунай	170	820	Чёрное море
Днепр	53,9	510	Чёрное море
Амударья	69,5	227	Аральское море
Рейн	59,4	220	Северное море

По последним данным коллектива авторов под руководством И. А. Шикломанова и В.И. Бабкина, средняя величина водообеспеченности населения Земли за последние 25 лет уменьшилась в 1,7 раза, в основном из-за увеличения численности населения примерно на 2 миллиарда человек.

Характеристика водообеспеченности в отдельных странах мира представлена в табл. 1.3 [3]

Таблица 1.3

Водообеспеченность отдельных стран мира

Страна	Водообеспеченность в средний по водности год тыс. м ³ на одного жителя	
	общими водными ресурсами	водами местного формирования
Канада	110	109
Бразилия	958	43
Россия	30	29
США	10,6	9,3
Беларусь	5,8	3,4
Казахстан	5,0	0,8
Франция	3,6	3,0
Индия	3,1	1,7
Китай	2,1	1,2

Запасы пресных вод сосредоточены, прежде всего, в верхнем слое земной коры, в крупных озерах и ледниках. Распределены водные ресурсы между континентами неравномерно. Наибольшими статическими (вековыми)

ресурсами пресных вод обладают Северная Америка и Азия, несколько в меньшей степени – Южная Америка и Африка. Наименее богатыми данным видом ресурсов являются Европа, Австралия и Океания.

Возобновляемые водные ресурсы – речной сток – также распределены по земному шару неравномерно. Наибольшую величину стока имеют Азия (32 % стока всех рек планеты) и Южная Америка (26 %), наименьшую – Европа (7 %) и Австралия с Океанией (5 %).

Для оценки неравномерности распределения ресурсов пресных вод используются характеристики удельной водообеспеченности территории и удельной водообеспеченности населения (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Водообеспеченность территории и населения

Континент	Площадь, млн. км ²	Водообеспеченность территории, тыс. м ³ /год·км ²	Водообеспеченность населения, тыс. м ³ /год·чел.
Европа	10,46	306	4,4
Азия	43,5	331	4,1
Африка	30,1	153	6,3
Америка	24,3	833	27
Австралия	7,63	52	33

Удельная водообеспеченность территории (W) определяется отношением запасов водных ресурсов на участке (h) к его площади (S):

$$W = \frac{h}{S}. \quad (1.3)$$

Удельная водообеспеченность населения (V) определяется отношением запасов водных ресурсов на территории (h) к численности населения (L):

$$W = \frac{h}{L}. \quad (1.4)$$

Удельная водообеспеченность территории наибольшая в Южной Америке, наименьшая – в Африке. В наибольшей степени население обеспечено пресной водой (в расчете на одного жителя) в Южной Америке и на островах Океании, в наименьшей – население Европы и Азии (здесь сосредоточены 77 % населения планеты и лишь 37 % мировых запасов ежегодно возобновляемых пресных вод).

2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Россия – одна из наиболее обеспеченных ресурсами пресных вод страна мира. Суммарные естественные ресурсы пресных вод РФ достигают 7770,6 км³/год, из которых 55 % приходится на долю речного стока. Статические (вековые) запасы, большая часть которых сосредоточена в озерах и подземных водах, составляют около 90 тыс. км³/год (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

Естественные и статические запасы водных ресурсов РФ

Водоисточник	Естественные ресурсы, км ³ /год	Статические (вековые) запасы, км ³
Реки	4270,6	470
Озера	530	26 500
Ледники	110	15 148
Подземные воды	-	15 800
Болота	1000	3000
Грунтовые (почвенные) воды	3500	-
Подземные воды	787,50	28 000
Всего	7770,6	88 918

Возобновляемые водные ресурсы. Средняя многолетняя величина возобновляемых водных ресурсов России (т.е. речного стока) составляет 4270,6 км³/год (табл. 2.1.). Из этой величины на территории России ежегодно формируется сток объемом 4043,6 км³; из сопредельных территорий в страну поступает дополнительно 227 км³/год (это, например, сток Иртыша, некоторых притоков Амура, Селенги и других рек, текущих из соседних стран). Распределение водных ресурсов (речного стока) России представлено в табл. 2.2 [Вода России..., 2000].

Удельная водообеспеченность России составляет в настоящее время в среднем 255 тыс. м³/год на 1 км² территории. На 1 жителя России приходится около 30 тыс. м³/год.

Статические (вековые) водные ресурсы России представлены запасами воды в пресных озерах (26,5 тыс. км³, из них на долю Байкала приходится 23 тыс. км³, или 87 %); в ледниках (15,1 тыс. км³); болотах (3 тыс. км³); пресных

подземных водах (28 тыс. км³); подземных льдах (15,8 тыс. км³). Полный и полезный объем крупных водохранилищ России составляет 810 и 364 км³ соответственно. Таким образом, общие статические (вековые) запасы пресных вод России составляют около 90 тыс. км³.

Речной сток. По территории России протекает свыше 2,5 миллионов рек. Подавляющее большинство из них (94,9 %) имеют длину 25 км и менее. Число средних рек (длиной от 101 до 500 км) составляет 2833 (0,1 %), число больших – 325 (0,008 %).

Большинство рек (90,4 %) несут свои воды в Северный Ледовитый и Тихий океаны (табл. 2.3) [Вода России..., 2000]. В Азово-Черноморском и Каспийском бассейнах, где проживает свыше 65 % населения России, насчитывается всего 193 942 реки (7,5 %).

Пять крупнейших рек России имеют водосборную площадь, превышающую 1000 тыс. км². Прежде всего это Обь, собирающая воды с обширного бассейна площадью 2990 тыс. км². Площади водосбора рек Енисей, Лена и Амур составляют соответственно 2580, 2490 и 1855 тыс. км² (табл. 2.4) [Вода России..., 2000]. Волга — первая по величине река Европы — среди российских рек занимает лишь пятое место по площади бассейна (1360 тыс. км²).

Таблица 2.2

Водные ресурсы рек России по бассейнам морей

Море	Площадь водосбора, тыс. км ^{2*}	Водные ресурсы, км ³ /год**
Белое	709,8 / 717,6	229,11 / 231,61
Баренцево	525,7 / 542,4	180,48 / 186,22
Балтийское	256,97 / 443,14	90,16 / 128,36
Азовское	464,08 / 579,30	36,92 / 41,57
Черное	63,62 / 68,80	20,34 / 21,13
Карское	5739,5 / 7158,2	1326,7 / 1388,3
Лаптевых	3692,9	807,1
Восточно-Сибирское	1295,5	270,7
Чукотское	101,0	23,6
Берингово море и Тихий океан	569,7	240,5
Охотское	1695,4 / 2547,4	571,4 / 685,8
Японское	124,3 / 134,3	33,33 / 38,94

Окончание табл. 2.2

Море	Площадь водосбора, тыс. км ^{2*}	Водные ресурсы, км ³ /год**
Каспийское	1670,27 / 1671,77	275,9 / 277,5
Бессточные области Урала и Сибири	166,7	6,81
Всего	17075,4 / 19688,7	4113 / 4348

* - площади в пределах РФ / площади с учетом зарубежных территорий

** - водные ресурсы, формирующиеся в пределах РФ / водные ресурсы с учетом поступления вод с зарубежных территорий

Таблица 2.3

Количество и протяженность рек России

Бассейн	Количество рек	Протяженность, км
Балтийского моря	53585	140171
Северного Ледовитого океана, в т.ч.:	1629121	5715476
Белое море	109534	373898
Баренцево	61348	240103
Карское	475187	2278219
Лаптевых	421786	16411381
Восточно-Сибирское	483672	997980
Чукотское	41830	84215
острова Сев. Ледовитого океана	35764	99680
Тихого океана, в т.ч.:	685841	1729435
Берингово море	172140	400939
Охотское	437541	1151781
Японское	55024	110009
острова Тихого океана	21136	66706
Азово-Черноморский	23754	112988
Каспийский	170188	675536
Всего	2562489	8373606

Таблица 2.4

Распределение речного стока по бассейнам с площадями водосбора более 100 тыс. км²

Река	Площадь водосбора, тыс. км ²	Куда впадает	Средний многолетний годовой сток в устье, км ³
Дон	422	Азовское море	28,1
Волга	1360	Каспийское море	251
Ока	245	Волга	41
Кама	507	Волга	118,9
Белая	142	Кама	30,6
Вятка	129	Кама	28,1
Урал	237	Каспийское море	10,1
Северная Двина	357	Белое море	109
Вычегда	121	Северная Двина	36,6
Печора	322	Баренцево море	130
Обь	2990	Обская губа	400
Чулым	134	Обь	24,8

Река	Площадь водосбора, тыс. км ²	Куда впадает	Средний многолетний годовой сток в устье, км ³
Иртыш	1643	Обь	89,3
Ишим	177	Иртыш	2,16
Пур	112	Карское море	32,8
Таз	150	Карское море	45,7
Енисей	2580	Карское море	630
Ангара	1039	Енисей	160,9
Подкаменная Тунгуска	240	Енисей	49,5
Нижняя Тунгуска	473	Енисей	116,1
Селенга	447	Байкал	30,6
Пясины	182	Карское море	82
Нижняя Таймыра	124	Карское море	29
Хатанга	364	Море Лаптевых	104,7
Оленек	219	Море Лаптевых	38,2
Лена	2490	Море Лаптевых	532
Витим	225	Лена	69,4
Олекма	210	Лена	61,5
Алдан	729	Лена	161,2
Учур	113	Алдан	42,4
Мая	171	Алдан	37,1
Вилюй	454	Лена	46,7
Яна	238	Море Лаптевых	31,5
Индигирка	360	Восточно-Сибирское море	58,3
Колыма	647	Восточно-Сибирское море	123
Омолон	113	Колыма	22,1
Анадырь	191	Берингово море	53
Амур	1855	Охотское море	344
Шилка	206	Амур	17,4
Аргунь	164	Амур	10,7
Зея	233	Амур	59,9
Уссури	193	Амур	33,7

Самой большой по протяженности рекой является Енисей, имеющий длину около 6000 км (если считать за исток р. Селенгу). Длина Оби, если за ее исток принять р. Иртыш, составляет 5570 км, длина Лены и Амура превышает 4000 км. Волга, Колыма, Урал и Оленек имеют протяженность более 2000 км.

По водоносности первое место среди рек России также занимает Енисей со средним годовым расходом воды 19870 м³/с и среднемноголетним годовым стоком 630 км³. Средний годовой расход воды Лены составляет 16300 м³/с, Оби - 12600 м³/с. Более низкая удельная водоносность Оби объясняется наличием в

южной части ее бассейна обширных внутренних бессточных областей и районов с малым поверхностным стоком.

Основными факторами, от которых зависит сток рек и его изменение по территории, являются осадки и испарение. Закономерности их пространственного распределения определяют увлажненность речных бассейнов.

Слой годового стока изменяется по территории России от 5 мм (Прикаспийская низменность, район г. Омска) до 20-30 мм (Ростов-на-Дону, Новосибирск, Якутск) и 800-1000 мм (Северный Урал и Камчатка). На большей части юга европейской России и Западной Сибири его величины составляют 50-200 мм, на севере страны 200-300 мм.

В Российской Федерации выделяются бассейновые округа, являющиеся основной единицей управления в области использования и охраны водных объектов. Они состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей.

В соответствии со статьей 28 Водного кодекса в Российской Федерации установлено двадцать бассейновых округов:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1) Балтийский; | 11) Нижневолжский; |
| 2) Баренцево-Беломорский; | 12) Уральский; |
| 3) Двинско-Печорский; | 13) Верхнеобский; |
| 4) Днепровский; | 14) Иртышский; |
| 5) Донской; | 15) Нижнеобский; |
| 6) Кубанский; | 16) Ангаро-Байкальский; |
| 7) Западно-Каспийский; | 17) Енисейский; |
| 8) Верхневолжский; | 18) Ленский; |
| 9) Окский; | 19) Анадыро-Колымский; |
| 10) Камский; | 20) Амурский. |

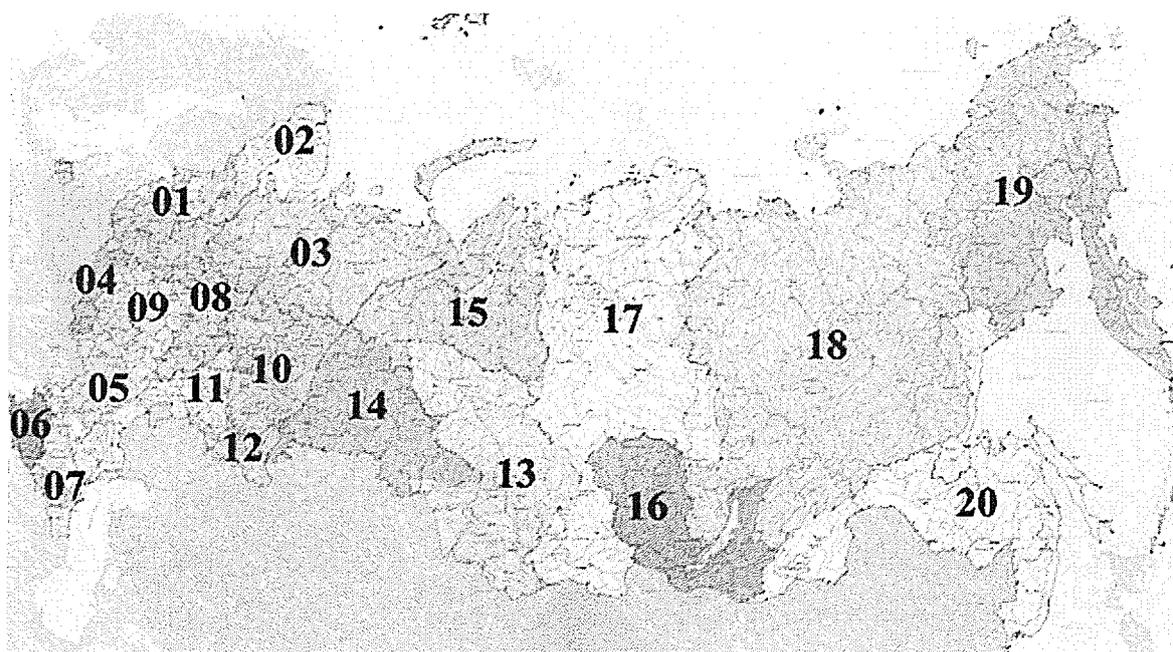


Рис. 2.1. Бассейновые округа Российской Федерации

Озера

На территории России насчитывается более 2,7 млн озер, суммарной площадью водной поверхности 408856 км² (табл. 2.5) [Вода России..., 2000]. Среди них только 19 озер имеют площадь зеркала, превышающую 1000 км² (суммарная площадь зеркала 108065 км²).

Таблица 2.5

Распределение озер по регионам России

Регион	Количество	Площадь зеркала, км ²
<i>Европейская территория</i>		
Кольский полуостров	107146	8195
Карелия и Северо-Запад	82503	50107
Север	232419	13756
Центральный регион	35836	17329
Среднее и Южное Приуралье	6778	4182
Южный регион	26459	20947
Прикаспийская низменность	11305	3864
<i>Азиатская территория</i>		
Западно-Сибирская низменность	788042	87754
Алтай и Кузнецкий бассейн	17151	8743
Западные и Восточные Саяны	14307	7227
Забайкалье	47135	35647
Средняя Сибирь	319872	28108

Регион	Количество	Площадь зеркала, км ²
Северо-Сибирская низменность	318849	38487
Северо-Восточная Сибирь	595118	67863
Дальний Восток	63088	9758
Камчатка	40857	2772
Острова Северного Ледовитого и Тихого океанов	41132	3517
Всего по России	2747997	408856

Большинство озер (98 %) – небольшие (менее 1 км²) и мелководные (глубина 1 – 1,5 м). Почти все запасы озерных вод сосредоточены в нескольких крупных водоемах. Так, объем Байкала, составляющий 25 тыс. км³, в 5 раз превышает суммарный годовой сток всех рек России.

Озерные воды относятся к очень медленно возобновляемым ресурсам. В крупных озерах доля ежегодно возобновляемых вод составляет всего 1,5 % от их общего объема, хотя этот показатель варьирует в довольно широких пределах (в Байкале – 0,3 %, в Чудско-Псковском-57 %).

По территории России озера распространены крайне неравномерно. В одних районах они встречаются довольно редко, зато в других занимают значительную часть поверхности – иногда до 10-50 % общей площади района. В пределах России выделяют 10 озерных районов.

В *Северо-Западном районе*, наряду с многочисленными малыми и средними озерами, находятся такие крупные, как Ладожское, Онежское, Белое, Ильмень, Чудско-Псковское, Выгозеро, Сегозеро, Ковдозеро, Имандра. Большинство озер имеют ледниковое происхождение. Широко распространены тектонические озера. К этому типу относятся многие озера Карелии и Кольского полуострова. Среди болот и болотных массивов здесь часто встречаются озера, вторичного происхождения, образовавшиеся в процессе развития болот. В местах неглубокого залегания легкорастворимых горных пород находятся карстовые озера.

Азово-Черноморский район характеризуется многочисленной группой своеобразных озер, расположенных вдоль побережья. Их происхождение

связано с деятельностью моря, в основном они представляют собой лиманы (Ейский, Бейсугский и др.).

Большинство озер *Прикаспийского района*, охватывающего Прикаспийскую низменность, питается за счет разлива степных рек во время весенних половодий. Типичными являются временные водоемы, но имеются и большие озера – Эльтон, Баскунчак, Сарпинские озера и др.

В *Западно-Сибирском районе*, включающем степную и лесостепную зоны Западно-Сибирской низменности, насчитывается несколько десятков тысяч озер. Как правило, они небольшие и представляют собой плоские блюдцеподобные западины суффиозного происхождения.

Озера *Алтайского района* развиты преимущественно в карстовых котловинах, отличаются округлыми очертаниями и небольшими размерами. Самое крупное из них – Телецкое.

Большинство озер *Забайкальского района* представляют собой останцы исчезнувших более крупных водоемов – Зун-Торей, Барун-Торей и др.

В *Нижнеамурском районе*, охватывающем низменность, сопровождающую нижнее течение р. Амур, находится много больших по площади, но мелководных озер (Орель, Чукчагирское, Кизи и др.).

Якутский озерный район расположен на территории Лено-Вилуйской низменности и Лено-Амгинского водораздела. Здесь насчитывается несколько десятков тысяч малых озер термокарстового происхождения.

Полярноморской район включает в себя изобилующую озерами тундровую зону побережья Северного Ледовитого океана. Происхождение озер преимущественно термокарстовое.

Большинство озер *Камчатского района* относятся к вулканическим и расположены в кратерах и кальдерах потухших вулканов. Несмотря на малые размеры, они отличаются значительными глубинами. Самые большие из них – Курильское и Кроноцкое. Встречаются озера и другого происхождения – лагунного типа (например, Нерпичье в устье р. Камчатка).

Водохранилища

В настоящее время в России насчитывается свыше 2200 водохранилищ и прудов с объемом каждого более 1 млн/м³ (табл. 2.6) [Вода России..., 2000]. Их общая площадь свыше 65 тыс/км², что составляет 0,4 % от общей площади страны, а общий объем – 793 км³. В основном это пруды и малые водохранилища (объемом, равным 1-10 млн/м³). К числу крупных и средних (объемом не менее 10 млн/м³) принадлежат 327 водохранилищ, обеспечивающих работу более 80 ГЭС. Крупных водохранилищ (объемом более 1 км³) в России всего 41 (31 – в европейской части России и 10 – в азиатской).

Таблица 2.6

Общая характеристика водохранилищ России

Водохранилище	Река	Площадь водного зеркала, км ² при НПУ	Объем, км ³		Использование*
			полный	полезный	
Братское	Ангара	5470	169,3	48,20	ГЭ, СУ, ЛС, РХ, ВС, РК
Бурейское	Бурей	740,0	20,94	10,7	ГЭ, БН, ВС, РХ, РК
Вилейское	Вилей	2360	35,88	17,83	ГЭ, ВС, РХ
Волгоградское	Волга	3117	31,45	8,25	ГЭ, СУ, ИР, ВС, РХ, РК, ВС
Иркутское (с оз. Байкал)	Ангара	32966	47,65	31,5**	ГЭ, СУ, ЛС, РХ, БН, РК
Камское	Кама	1915	12,2	9,24	ГЭ, СУ, ЛС, ВС
Краснодарское	Кубань	400	3,048	2,16	ОР, РХ, СУ, БН
Красноярское	Енисей	2000	73,30	30,40	ГЭ, СУ, ЛС, ВС, БН, РХ, РК
Куйбышевское	Волга	6150	58,00	34,60	ГЭ, СУ, ИР, ВС, РХ, БН, РК
Ириклинское	Урал	260	3,26	2,76	ОР, ГЭ, ВС
Рыбинское	Волга	4550	25,42	16,60	ГЭ, СУ, ВС, РХ, РК
Саратовское	Волга	1830	12,9	1,75	ГЭ, СУ, РХ, ВС, РК, ИР
Саяно-Шушенское	Енисей	621	31,3	15,3	ГЭ, ИР, СУ, РХ, ВС, РК, БК
Усть-Илимское	Ангара	1922	58,8	2,7	ГЭ, СУ, ВС, ЛС
Чиркейское	Сулак	42,5	2,78	1,32	ГЭ, ОР, РХ
Цимлянское	Дон	2702	23,9	11,54	ИР, СУ, ГЭ, РХ, ВС, РК

* ГЭ – гидроэнергетика, СУ – судоходство, ЛС – лесослав, ОР – орошение, РХ – рыбное хозяйство, ВС – водоснабжение, РК – рекреация, ИР – ирригация, БН – борьба с наводнениями (по проекту).

** до минимально допустимого уровня оз. Байкал, установленного Постановлением Правительства РФ.

Болота

По территории России болота распределены крайне неравномерно. Наибольшее их количество сосредоточено на северо-западе и в центральных районах Западно-Сибирской равнины.

В северных и северо-западных районах характерно распространение крупных верховых водораздельных болот. В средней полосе появляются разнотипные притеррасные торфяные болота средних размеров. В южных и юго-восточных районах преобладают низинные пойменные болота малых размеров вытянутой формы, часто с мощным верхним минеральным наносом.

Болота занимают почти 10 % территории России. Только в одной Западной Сибири их площадь достигает 32538 тыс. га, причем половина болот – верховые. В этом регионе широко распространены полигональные, плоскобугристые, крупнобугристые и олиготрофные сфагновые болота. Они занимают преобладающую часть междуречных пространств и располагаются как в пониженных участках, так и на водоразделах.

Объем воды в болотных торфяниках Западной Сибири составляет 994 км³. В несвязанной с торфом форме он оценен в 218 км³, или примерно в 22 % общего объема.

Ледники

Общее количество ледников в России превышает 8000. В главных районах оледенения – на арктических островах – расположено более 2000 ледников, которые относятся к покровному типу. Наибольшие площади оледенения имеют острова Новая Земля, Северная Земля и Земля Франца-Иосифа (табл. 2.7.) [Вода России..., 2000]. Средняя толщина льда в ледниковых покровах изменяется от 100 (на Земле Франца-Иосифа) до 300 м (на Новой Земле).

Все прочие ледники, кроме арктических, принадлежат в различным типам горного оледенения. Для них характерны относительно небольшие размеры,

зависимость формы ледника от характера его вместилища, отчетливое распределение областей питания и стока, направленное линейное движение.

По сравнению с покровным оледенением Арктики общая площадь оледенения горных районов не столь велика. Тем не менее, горные ледники играют важную гидрологическую роль: они перераспределяют сток атмосферных осадков не только внутри года, но и за более продолжительный период, что отчасти проявляется в сглаживании колебаний водности рек от года к году.

Таблица 2.7

Характеристика современного оледенения России

Система	Площадь, км ²	Число ледников
Земля Франца-Иосифа	13740	955
Новая Земля	23645	685
Северная Земля	18325	285
Прочие	447	115
Всего в арктической зоне	56157	2080
Полярный Урал	29	143
Хребет Черского	157	372
Сунтар-Хаята	201	208
Корякское нагорье	260	1335
Камчатка	874	405
Прочие	25	109
Всего в субарктической зоне	1546	2572
Алтай	906	1499
Прочие	56	188
Всего в умеренной зоне	962	1687
Кавказ (северный склон)	1230	1760
Всего в субтропической зоне	1230	1760
Всего в Российской Федерации	59895	8099

В общем стоке рек, берущих начало из ледников, доля ледникового питания может достигнуть 50 % от годового объема и более. Наличие ледников в речном бассейне создает своеобразные особенности режима стока и уровней в течение года. Большие запасы воды, заключенные в ледниках, в сочетании с высокогорными сезонными снегами обеспечивают длительное половодье на горных реках, имеющих ледниковое питание.

Внутригодовое распределение стока рек со значительной степенью оледенения их бассейнов характеризуется большой неравномерностью. На короткое лето приходится до 90 % общего объема годового стока. Наличие многолетней мерзлоты, небольшой период пополнения запасов подземных вод и длительный период их истощения обуславливают очень низкий зимний сток рек высокогорной зоны, вплоть до полного его прекращения.

В годовом водообороте участвует незначительное количество ледниковых вод. Годовой ледниковый сток оценивается в 110 км^3 .

Вода рек, вытекающих из ледников, отличается повышенной мутностью и малой минерализацией. Продукты выветривания горных пород, которые скапливаются на леднике, вместе с талыми водами в большом количестве поступают к истоку реки.

Малая минерализация талых вод (в среднем 30-50 мг/л) характерна для многих горных ледников. Ее повышение наблюдается при контакте вод с моренными отложениями, где происходит выщелачивание легкорастворимых солей.

В районах многолетней мерзлоты относительно большое количество воды аккумулировано в подземных льдах и наледях. В пределах России подземные льды ориентировочно занимают площадь около 7 млн км^2 , или около 60 % территории, занятой многолетнемерзлотными погодами. Наледи встречаются преимущественно в горных и предгорных областях и распространены в основном в северных и северо-восточных районах страны. Наиболее крупными, как правило, являются речные наледи, которые могут формироваться за счет и поверхностных (речных), и подземных вод.

В горных районах северо-востока России насчитывается более 10 тыс. наледей, общая площадь которых достигает примерно 14 тыс. км^2 , а суммарный объем льда – около 30 км^3 . Занимая к концу зимнего сезона в среднем около 1,2 % указанной территории, в бассейнах многих малых рек они могут покрывать до 5-10 % площади.

Самая крупная в стране и в мире Большая Момская наледь (бассейн р. Индигирки) имеет площадь более 100 км², объем 0,25 км³ и максимальную толщину около 7 м. В верхней части бассейна р. Индигирки зимой на питание наледей затрачивается свыше 100 м³/с воды, тогда как средний расход этой реки составляет всего 6,82 м³/с. При высоком коэффициенте наледности конкретной реки талые воды наледей могут составлять до 20-24% годового и до 50 % весеннего стока.

Почвенная влага

Значительная часть атмосферных осадков, выпадающих на земную поверхность, насыщает почву и, фильтруясь, пополняет запасы подземных вод. Роль воды почвенного горизонта исключительно велика для земледелия.

Из общего количества воды, которое может вместить почва, растениями используется лишь часть, идущая на формирование биомассы. Эта влага называется продуктивной.

По территории России запасы продуктивной влаги распределены весьма неравномерно: более 61 % содержится в почве Восточной Сибири и Дальнего Востока, около 14 % - в Западной Сибири. В районах интенсивного сельскохозяйственного производства почвенная влага составляет всего около 10 % от общего объема. В настоящее время из всех запасов почвенной влаги, равных примерно 3500 км³, используется около 1300 км³, или около 40 %.

Почвенная влага поддается регулированию. Увеличению ее запасов способствуют, например, такие мероприятия, как осенняя вспашка на сельскохозяйственных полях и снегозадержание на водосборах.

Водный баланс

Основной характеристикой водных ресурсов бассейнов, территорий, объектов является балансовая оценка.

На территории России, за исключением крупных островов Северного Ледовитого океана, в среднем выпадает 9653 мм осадков, которые «покрывают» сушу слоем 571 мм. Из этого количества на испарение

затрачивается 5676 км³ (366 мм) осадков. Средний слой стока составляет 235 мм, т.е. на сток расходуется только 41 % выпадающих осадков (табл. 2.8) [Вода России..., 2000].

Таблица 2.8

Водный баланс России в целом и в разрезе бассейнов некоторых морей

Бассейн	Элементы водного баланса						Коэффициент стока
	Объем, км ³			Слой, мм			
	Осадки	Сток	Испарение	Осадки	Сток	Испарение	
Белое, Баренцево ($F = 1192$ тыс.км ²)*	846	408	438	710	341	369	0,48
Карское ($F = 6579$ тыс.км ²)*	3640	1324	2316	553	201	352	0,36
Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское ($F = 5048$ тыс.км ²)*	2135	1038	1097	423	206	217	0,49
Берингово, Охотское, Японское ($F = 3269$ тыс.км ²)*	2126	890	1236	652	273	379	0,42
По России	9653	3977	5676	571	235	336	0,41

* - Без крупных островов Северного Ледовитого океана

Наибольший слой осадков наблюдается на реках, принадлежащих бассейнам Белого и Баренцева морей (710 мм).

Доля подземных вод в суммарном речном стоке не превышает 16-21 % на севере России, Дальнем Востоке и в Сибири, возрастает до 30 % и более в Северо-Кавказском, Центральном и Уральском районах.

В бассейнах основных рек европейской части России осадки изменяются от 600 до 720 мм, испарение – от 290 до 540 мм, а сток от 74 до 410 мм. Наибольшие значения коэффициентов стока (0,43 и 0,58) характерны для Северной Двины и Печоры, а наименьшие (0,12) – для рек южного склона (Дон). Коэффициент стока Волги – самой большой реки Европы – составляет 0,28.

Реки Сибири и Дальнего Востока характеризуются значительной изменчивостью элементов водного баланса. Нормы осадков изменяются от 330 (Яна) до 790 мм (Камчатка), сток от 50 (Урал) до 570 мм (камчатка), испарение от 190 (Индибирка) до 415 мм (Амур). Из рек России самый высокий

коэффициент стока имеет Камчатка – 0,72. Бассейн Оби – крупнейший по площади – характеризуется коэффициентом стока 0,24. Бассейны других сибирских рек – Енисея и Лены – имеют практически одинаковые коэффициенты стока (0,44 и 0,46).

Для водного баланса озер характерно преобладание приходной части поверхностного и подземного притока. В среднем приток наиболее крупных озер равен 157,6 км³ в год, на долю осадков приходится всего 31,3 км³.

В водохранилищах приток с площади водосбора составляет свыше 98 % от суммарного поступления воды, и только около 2 % приходится на долю осадков, выпадающих на водную поверхность. По отдельным водохранилищам приход за счет осадков может колебаться от 1 до 8 % от суммарного и зависит от широты местности и размеров удельных объемов водохранилищ.

Потери на испарение с водной поверхности водохранилищ в среднем составляют 1,9 % от прихода, причем по некоторым крупным водохранилищам пределы колебаний могут составлять от 1,2 до 9 %. Наибольшие потери на испарение характерны для водохранилищ южных районов европейской территории России [11,12,13,14,15,16].

3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Республика Казахстан относительно бедна водными ресурсами по сравнению с республиками европейской и сибирской частей СНГ, но богаче государств центрально азиатского региона. Дефицит пресной воды является наиболее острой экологической проблемой, затрудняющей устойчивое развитие Казахстана. Общие водные ресурсы рек в средний по водности год составляют $100,5 \text{ км}^3$, возможные к использованию - 46 км^3 . Остальной объем воды затрачивается на экологические, рыбохозяйственные, санитарные (29 куб. км^3), транспортные и энергетические ($9,0 \text{ куб. км}^3$) нужды, на фильтрационные и другие виды потерь (12%) [17].

Согласно Водному кодексу РК, Государственный водный фонд Республики Казахстан включает в себя совокупность всех водных объектов, а также сосредоточенных в них водных ресурсов в пределах территории Республики Казахстан, включенных или подлежащих включению в Государственный водный кадастр [18].

Ниже приводятся данные по основным группам водных объектов Республики Казахстан [19].

Реки

На территории республики насчитывается около 39 тыс. рек и временных водотоков, из них более 7 тысяч имеют длину свыше 10 км. Речная сеть распределена неравномерно. На севере республики она находится в пределах $0,03-0,05 \text{ км/км}^2$; в районах Алтая, Джунгарского и Заилийского Алатау она составляет $0,4-1,8 \text{ км/км}^2$. Большая часть рек принадлежит к замкнутым бассейнам Каспийского и Аральского морей, озер Балхаш и Тенгиз. В Казахстане имеется 6 рек с расходами воды от 100 до $1000 \text{ м}^3/\text{с}$, 7 рек – от 50 до $100 \text{ м}^3/\text{с}$, и 40 рек - от 5 до $50 \text{ м}^3/\text{с}$.

Озера

Озера Казахстана весьма многочисленны, их насчитывается 48262 с общей площадью водной поверхности 45002 км². По численности малые озера (менее 1 км²) составляют 94 %, а по площади — 10 %. Крупных озер (более 1 км²) насчитывается 3014 площадью 40769 км² (90 %). В их числе размером более 100 км² – 21 озеро, площадь которых составляет 26886 км² или 59 %. Общий объем воды, находящийся в таких естественных водоемах, составляет 190 км³.

По территории республики озера размещаются неравномерно: от сотен километров, отделяющих одно от другого, до образования озерных областей с предельно густым их расположением. На Северный Казахстан приходится 45 % всех озер, на Центральный и Южный – всего 36 %, на другие регионы – 19 %.

Самыми крупными озерами Казахстана являются принадлежащие республике акватории Каспийского и Аральского морей, озера Балхаш и Тенгиз в Центральном Казахстане, Алаколь и Сасыкколь у Джунгарских ворот, Зайсан и Маркаколь в Восточном Казахстане. Большое количество озер находится в лесостепной и северной части степной зоны. Наиболее крупными из них являются Коргалжын, Челкар-Тенгиз, Большое Чебачье, Щучье, Селеты-Тенгиз.

Водохранилища

Всего в пределах Казахстана в настоящее время насчитывается свыше 200 водохранилищ общей емкостью более 95,5 км³ (без учета прудов и малых водохранилищ, рассчитанных на задержание весеннего стока).

Водохранилища в зависимости от их объема распределены следующим образом:

Более 50 % водохранилищ имеют объем 1-5 млн м³ воды. Большая часть водохранилищ рассчитана на сезонное регулирование стоков. На объемы годового стока оказывают влияние водохранилища с режимом многолетнего

регулирования стоков, которых около 20. Наиболее крупные из них: Бухтарминское (на р. Иртыш) с полным объемом 49,0 км³, Капшагайское (на р. Или) с объемом 14,0 км³, Шардаринское (на р. Сырдарья) - 5,2 км³, Верхне-Тобольское и Каратомарское (на р. Тобол) - соответственно 0,82 и 0,59 км³, Вячеславское и Сергеевское (на р. Ишим) - 0,4 и 0,7 км³.

Таблица 3.1

Количество водохранилищ по Казахстану	
Объем, млн. м ³	Количество водохранилищ
1-5	116
5-10	30
10-50	33
50-100	15
100-500	12
500-1000	5
1000 и выше	3

Водно-болотные угодья

Под водно-болотными угодьями (ВБУ) понимаются естественные или искусственные, постоянные или временные, стоячие или проточные, пресные, солоноватые и соленые водоемы или отдельные их участки, в которых вода является основным жизнеобеспечивающим фактором для большого количества населяющих угодья живых организмов. Для территории республики характерно обилие и неравномерное распределение различных типов ВБУ: устьевые, озерные, речные, болотные, прудовые водоемы, водохранилища, оросительные каналы и заливные поля.

Наряду с огромным социально-экономическим значением, первостепенная роль ВБУ – сохранение природных и антропогенных гидроэкосистем, поддержание биоразнообразия, в том числе эндемичных, редких, находящихся под угрозой исчезновения видов. По уровню социально-экономической и природообразующей значимости ВБУ делятся на три группы – локально, национально и глобально значимые.

ВБУ местного значения – наиболее распространенная группа. Во всех равнинных природных зонах Казахстана расположены небольшие по размерам

водоемы, населенные разнообразными растениями и животными и используемые человеком для орошения, водопоя скота и заготовки сена на побережье. Общее количество ВБУ местного значения в республике достигает 47 000.

ВБУ национального значения. Помимо важной роли в поддержании биоразнообразия, водоемы такого типа значимы для крупных экономических регионов страны, прежде всего, как источники питьевой воды, а также как важный резерв биоресурсов – рыбы, водоплавающей дичи, технических растений, наиболее крупные из них – для судоходства. Расположены преимущественно в Урало-Каспийском и Арало-Сырдарьинском, Нура-Сарысуйском и Иртышском бассейнах. Общее количество ВБУ такого типа в Казахстане достигает 200.

ВБУ глобального (международного) значения. Основная и важнейшая роль – жизнеобеспечение большого количества представителей биоразнообразия, прежде всего эндемичных и редких, особо охраняемых видов. Через территорию республики пролегают миграционные пути около 140 видов водно-болотных птиц, в том числе 11 из них занесены в Международную Красную Книгу. Выживание этих видов и популяций обеспечивают 14 казахстанских ВБУ международного значения, общей площадью 17 тыс. км². Размещены они преимущественно в Центральном, Северном, Юго-восточном и Восточном Казахстане.

Ледники

Основная масса ледников Казахстана в виде огромного ледяного пояса располагается на юге и востоке республики, где на высоту более 4 тысяч метров над уровнем моря поднимаются горные хребты Тянь-Шаня - Таласский, Киргизский, Заилийский, Кунгей и Терскей Алатау, а также хребты Джунгарского Алатау и Казахстанского Алтая.

На конец 80-х годов XX века на территории Казахстана насчитывалось 2720 ледников, в том числе 1975 ледников площадью 0,6 км² и более. Общая

площадь оледенения в Республике Казахстан составляла 2033,3 км², общий объем сохраняемых в них запасов водных ресурсов – 95 км³, что близко к величине годового стока всех рек государства.

Практически половина площади оледенения Республики Казахстана приходится на горы Джунгарского Алатау (1000 км²), второе место занимает Заилийский и Кунгей Алатау (660,7 км²), третье – Терской Алатау (144,9 км²), затем следует Казахстанский Алтай с Сауром (106,2 км²) и хребты Кыргызского и Таласского Алатау (101,5 км²).

Подземные водные ресурсы

Значительная роль в водообеспечении республики принадлежит подземным водам. Пресные подземные воды имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с поверхностными: они, как правило, выше по качеству, лучше защищены от загрязнения и заражения, ресурсы их меньше подвержены многолетним и сезонным колебаниям.

В целом Республика Казахстан достаточно богата подземными водами, за счет которых возможно полностью обеспечить население хозяйственно-питьевыми, техническими и другими водами в соответствии с потребностью населения, промышленности и сельского хозяйства.

Подземные воды имеются практически во всех горных районах республики, но распределены они крайне неравномерно. Кроме того, качество и запасы подземных вод различны.

Основные ресурсы подземных вод (около 50 %) сосредоточены в пределах Южного Казахстана. Значительно меньшее количество этих ресурсов (до 20 %) формируется в пределах Западного Казахстана. На области Центрального, Северного и Восточного Казахстана приходится около 30 % всех ресурсов подземных вод.

Общие прогнозные и разведанные на территории Казахстана запасы подземных вод, согласно данным государственных органов геологии и охраны недр и Национальной Академии Наук Республики Казахстан, достигают 45 км³

в год или $1450 \text{ м}^3/\text{с}$. Из них утвержденные на 1 января 2002 года запасы составляют $15,83 \text{ км}^3$ или $461,87 \text{ м}^3/\text{с}$.

Всего на территории республики разведано 626 месторождений и участков подземных вод с суммарными запасами $15,83 \text{ км}^3$ в год ($43,38$ млн. $\text{м}^3/\text{сут}$), в том числе: для хозяйственно-питьевого водоснабжения – $6,14 \text{ км}^3$ ($16,84$ млн $\text{м}^3/\text{сут}$), производственно-технического – $0,95 \text{ км}^3$ ($2,6$ млн. $\text{м}^3/\text{сут}$), орошения земель - $8,73 \text{ км}^3$ ($23,91$ млн. $\text{м}^3/\text{сут}$), бальнеологические (минеральные) воды - $0,01 \text{ км}^3$ ($0,03$ млн $\text{м}^3/\text{сут}$). Прогнозные ресурсы подземных вод с минерализацией до 1 г/л составляют – $33,85 \text{ км}^3$ в год ($92,76$ млн $\text{м}^3/\text{сут}$), до 10 г/л - $57,63 \text{ км}^3$ в год ($157,9$ млн $\text{м}^3/\text{сут}$).

Основные разведанные запасы подземных вод приурочены к конусам выноса и артезианским бассейнам и лишь около 25 % запасов тесно связаны с поверхностным стоком.

Республика Казахстан богата минеральными водами. На ее территории разведано 45 месторождений, которые по химическому составу, бальнеологическим свойствам и лечебному значению условно объединены в пять бальнеологических групп – йодо-бромные (5 месторождений), кремнистые (4), радоновые (7), железистые (2) и без специфических компонентов (27). Кроме того, выявлено еще 251 перспективное проявление минеральных вод, из них: железистых – 7, радоновых – 27, кремнистых – 15, йодо-бромных – 68, радоново-кремнистых – 1, сероводородных – 1, мышьяковистых – 1, без специфических компонентов и свойств – 132.

Гидротермальные ресурсы

Республика Казахстан располагает значительными гидротермальными ресурсами, получившими распространение в пределах глубоких депрессий, сложенных осадочными образованиями. К ним относятся артезианские бассейны – Прикаспийский, Мангышлак-Устюртский, Тобольский, Иртышский, Торгайский, Сырдарьинский, Шу-Сарысуский, Зайсанский, Илийский и Балхаш-Алакольский с подземными водами, температура которых превышает

30 – 40° С. В отдельных депрессиях температура воды достигает 100 и более градусов. Естественные запасы гидротермальных ресурсов Казахстана оцениваются следующими величинами: 10275 км³ – ресурсы воды, 679820 млн. Гкал – ресурсы тепла и 97115 млн. тонн - ресурсы условного топлива. Практическое использование термальных вод пока незначительно, но перспективы их применения в народном хозяйстве большие.

На территории Казахстана сосредоточено большое количество озер и соров, многие из которых содержат лечебные грязи. На 31 участке оценены прогнозные эксплуатационные запасы лечебных грязей в объеме 30915,1 тыс. м³. Кроме того, выявлено 18 перспективных участков, на которых рекомендуется постановка поисково-разведочных работ с ожидаемыми положительными результатами.

Промышленные воды

Промышленные воды с высоким содержанием щелочных металлов и галогенов выявлены в Прикаспийском, Мангышлак-Устюртском, Шу-Сарысуском и Южно-Торгайском артезианских бассейнах. Слабая гидрогеологическая изученность комплексов, содержащих промышленные воды, не позволяет судить о величине их прогнозных ресурсов. Необходимы специальные исследования для изучения ресурсов промышленных вод при разведке нефтегазоносных месторождений.

Возвратные воды

Возвратные воды в составе коллекторно-дренажных, сбросных и сточных вод от орошения, промышленности и коммунально-бытового хозяйства рассматриваются как дополнительный ресурс для использования после соответствующей обработки. Объем этих ресурсов при увеличении водопотребления и современном невысоком технологическом уровне производств имеет тенденцию к возрастанию на 3- 5% в год. В дальнейшем, по мере реконструкции водохозяйственных систем, внедрения полнооборотных и водосберегающих технологий количество этих вод будет сокращаться.

В настоящее время объем возвратных вод по республике составляет около 9,0 км³. При этом ресурсная их часть, т.е. возвращаемая в водоисточники, не превышает 2,0 км³, остальной сток рассеивается по территории, теряется, частично используется на обводнение пастбищ или направляется на поддержание экосистем. Основное количество возвратных вод поступает в реки бассейнов Сырдарьи (47%) и Иртыша (34%), остальной объем приходится на р.р. Или (8%), Нура (11%).

3.1. Водообеспеченность территории и водохозяйственные балансы основных речных бассейнов Республики Казахстан

Водообеспеченность Республики Казахстан

Общие водные ресурсы рек в средний по водности год составляют 100,5 км³, из которых только 56,5 км³ формируются на территории республики, остальной объем 44,0 км³ поступает из сопредельных государств: Китайской Народной Республики – 18,9 км³, Республики Узбекистан – 14,6 км³; Кыргызской Республики – 3,0 км³; Российской Федерации – 7,5 км³.

Современные оценки ресурсов речного стока Казахстана существенно отличаются от ранее выполненных оценок. Так, в работах Российского государственного гидрологического института двадцатилетней давности среднемноголетний речной сток республики оценивался в объеме 126,0 км³/год, из которых 66,8 км³/год составлял местный сток и 59,8 км³/год – трансграничный. Таким образом, ресурсы речного стока в последнее двадцатилетие уменьшились на 25,3 км³/год, в т.ч. местный сток – на 10,3 км³/год, трансграничный на 15,2 км³/год. Причинами нестабильности речного стока принято считать глобальные и региональные изменения климата, а также хозяйственную деятельность на водосборах и в речных долинах, в т.ч. на территориях сопредельных государств.

Ресурсы речного стока республики характеризуются значительной изменчивостью по годам. Наблюдаемые максимальные и минимальные значения годового стока соответственно в 3 раза больше и в 2 раза меньше нормы. Речному стоку свойственно также чередование маловодных (по 5-7 лет) и многоводных (по 1-3 года) периодов. В силу климатических особенностей республики до 90 % годового объема стока степных рек приходится на весенний период и до 70 % стока горных рек – на летний.

В средний по водности год объем водных ресурсов Республики Казахстан оценивается в $100,5 \text{ км}^3$. Вместе с тем, располагаемый объем для хозяйственного использования, составляет всего 46 км^3 , поскольку значительные объемы воды затрачиваются на экологические, рыбохозяйственные, транспортные и энергетические нужды, санитарные попуски в нижние бьефы ГЭС, фильтрационные и другие виды потерь. В частности, около 29 км^3 в год составляет суммарный объем обязательных попусков воды для удовлетворения экологических и санитарных требований по рекам Сырдарья, Урал, Или, Тобол, Иртыш, Ишим, Тургай, Чу. Транспортно-энергетические затраты стока по Иртышу вместе с долей Российской Федерации составляют $8,7 \text{ км}^3$, а потери на испарение и фильтрацию в водохранилищах и руслах рек оцениваются в 12 км^3 в год. Весенний половодный сток равнинных рек Центрального Казахстана, который рассеивается из-за невозможности регулирования и использования, составляет около $4,8 \text{ км}^3$. В маловодные годы общий объем речного стока снижается до $5,8 \text{ км}^3$, а располагаемый для хозяйственного использования – до 26 км^3 в год.

Общепринятыми показателями водообеспеченности регионов принято считать удельные годовые объемы стока, приходящиеся на единицу территории и одного жителя. Удельная водообеспеченность Республики Казахстан составляет 37 тыс. м^3 на 1 км^2 и $6,0 \text{ тыс. м}^3$ на одного человека в год. Это один из самых низких показателей среди стран СНГ. При этом ситуация с обеспеченностью водой в республике существенно различается: есть вполне

водообеспеченные регионы, например, бассейн реки Иртыш (Восточно-Казахстанская область), и есть регионы, где вода является дефицитом, например, Мангистауская область.

Сопоставление водных ресурсов в годы разной водности с потребностью экономики Казахстана показывает наличие острого дефицита воды как по отдельным регионам, так и в целом по республике. Дефицит водных ресурсов в Республике Казахстан в средние по водности годы достигает 6,6 км³ и ощущается во всех бассейнах. В засушливые годы уровень водообеспечения составляет 60%, а по отдельным регионам (Центральный Казахстан) всего 5-10%, при этом дефицит приходится, в основном, на орошаемое земледелие.

Причинами дефицита водных ресурсов являются природные факторы (неравномерность распределения поверхностных вод по территории республики, значительные временные колебания стока рек по годам и сезонам), значительный объем использования стока трансграничных рек сопредельными государствами, чрезмерное безвозвратное водопотребление на орошение и потери воды в республике, а также низкое качество воды влияет на то, что доступные водные ресурсы могут быть использованы лишь частично (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Водообеспеченность по водохозяйственным бассейнам РК

Бассейны рек, озер, морей	Водообеспеченность, %		
	50 % - норма	75% обеспеченности	95% обеспеченности
1 Арало-Сырдарьинский	90	82	77
2 Балхаш-Алакольский	98	80	61
3 Иртышский	100	100	100
4 Ишимский	90	40	10
5 Нура-Сарысуский	53	20	5
6 Тобол- Тургайский	89	33	6
7 Шу-Таласский	90	73	56
8 Урало-Каспийский	100	35	10
Всего по республике	97	76	60

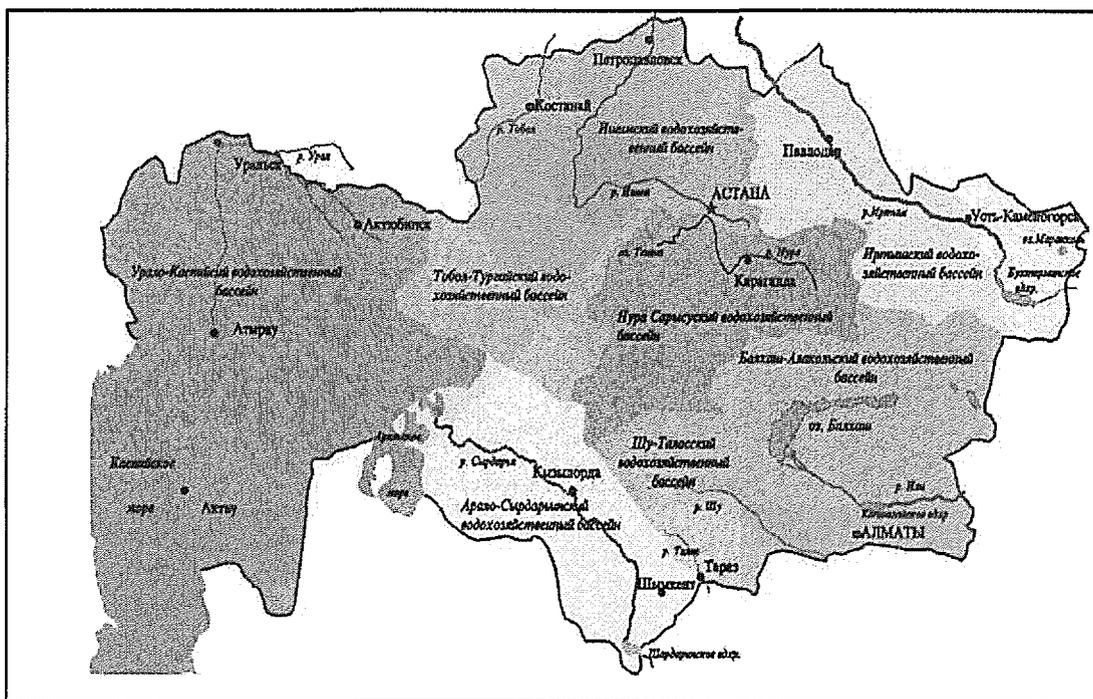
Источник: Комитет по водным ресурсам МСХ РК, 2002.

Основные речные бассейны Республики Казахстан

Территорию Казахстана можно условно разделить на восемь водохозяйственных бассейнов: Иртышский, Арало-Сырдарьинский бассейн, Балхаш-Алакольский, Урало-Каспийский, Ишимский, Нура-Сарысуский, Шу-Таласский и Тобол-Тургайский.

Балансы водных ресурсов рек по бассейнам

Водохозяйственные балансы речных бассейнов позволяют оценить приходную часть, складывающуюся из поступления объемов воды с сопредельных территорий и формирующихся на территории Казахстана, расходную часть – потери на испарение и фильтрацию, санитарные и природоохранные попуски, а также оценить располагаемые для нужд отраслей экономики водные ресурсы бассейна. Водохозяйственные балансы являются основой для планирования и обоснования хозяйственной и любой иной деятельности в бассейне, включая мероприятия по охране и восстановлению водных объектов и всего бассейна в целом.



Источник: Комитет по водным ресурсам МСХ РК

Рис. 3.1. Карта основных речных бассейнов Казахстана

Источник: Комитет по водным ресурсам МСХ РК

Речные бассейны Республики Казахстан

Иртышский бассейн

Поступление воды из сопредельных территорий составляет $9,8 \text{ км}^3$, что составляет 27,3% от водного баланса рек, остальные 72,7% (или 26 км^3) формируются на территории Казахстана. Потери испарение и фильтрацию составляют $6,8 \text{ км}^3$, а необходимые санитарные и природоохранные попуски с учетом нерегулируемого стока составляют $13,1 \text{ км}^3$. Располагаемые для нужд отраслей экономики водные ресурсы рек достаточны и составляют $15,9 \text{ км}^3$.

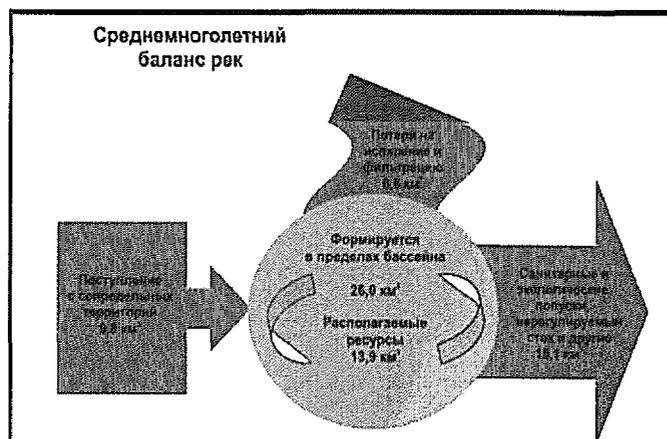


Рис. 3.2. Иртышский бассейн

Ишимский бассейн

Поступления воды из сопредельных территорий нет. В пределах бассейна формируется $2,2 \text{ км}^3$ воды, из которых $0,5 \text{ км}^3$ теряются за счет фильтрации и испарения, а $0,8 \text{ км}^3$ представляют собой санитарные, природоохранные попуски и нерегулируемый сток. Таким образом, располагаемые для нужд отраслей экономики водные ресурсы рек составляют всего $0,9 \text{ км}^3$.

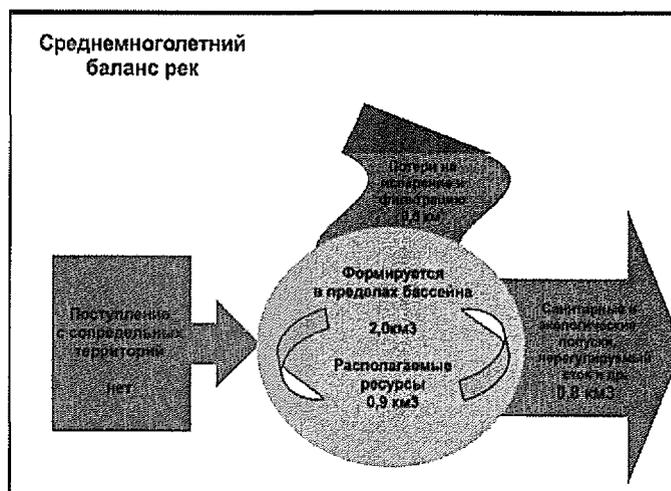


Рис. 3.3. Ишимский бассейн

Нура-Сарысуский бассейн

Поверхностный сток в пределах бассейна формируется в объеме $1,7 \text{ км}^3$. Из сопредельных территорий вода в бассейн не поступает, но дополнительно к формируемым в бассейне водам из Иртышского бассейна по каналу им. К. Сагпаева может быть подано $0,82 \text{ км}^3$ воды. С учетом санитарных и экологических попусков, потерь на испарение и фильтрацию, располагаемые поверхностные водные ресурсы бассейна при этом составляют $1,16 \text{ км}^3$, т.е. бассейн даже в этом случае остается одним из наиболее вододефицитных в Казахстане.

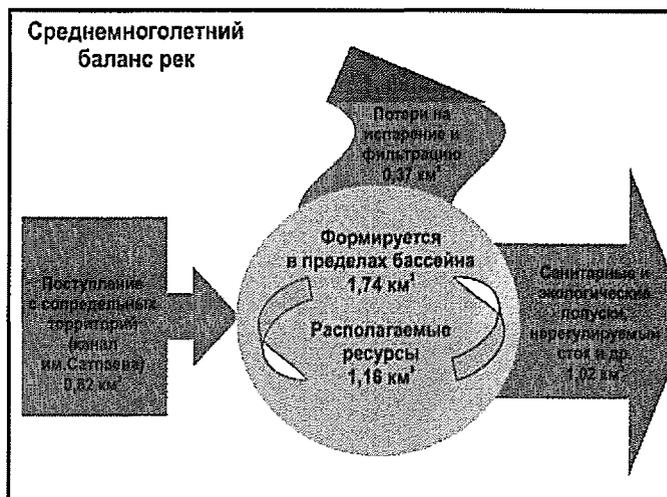


Рис. 3.4. Нура-Сарысуский бассейн

Урало-Каспийский бассейн

Поступление поверхностного стока из сопредельных территорий составляет $21,3 \text{ км}^3$ (76% водного фонда бассейна). В пределах бассейна формируется лишь $4,9 \text{ км}^3$. С учетом необходимых санитарных и природоохранных попусков, потерь воды на испарение и фильтрацию, располагаемые ресурсы составляют лишь $5,9 \text{ км}^3$.

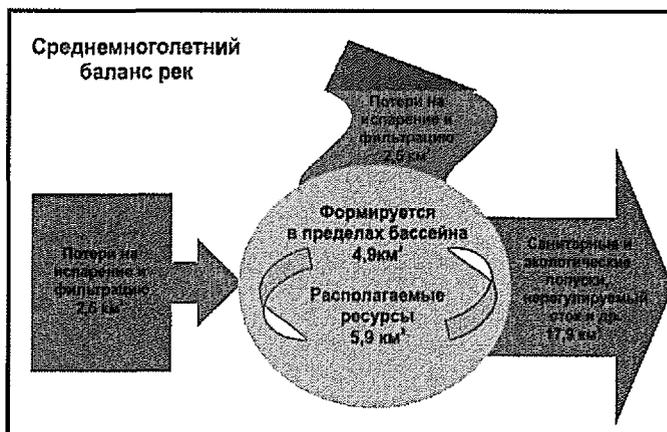


Рис. 3.5. Урало-Каспийский бассейн

Тобол-Тургайский бассейн

Поверхностный сток в пределах бассейна формируется в объеме 1,5 км³. Река Тобол является трансграничной: притекает из России и туда же вытекает. Из России поступает 0,056 км³. С учетом санитарных и природоохранных попусков, потерь на испарение и фильтрацию, располагаемые поверхностные водные ресурсы бассейна составляют 0,70 км³. Бассейн является вододефицитным в Казахстане.

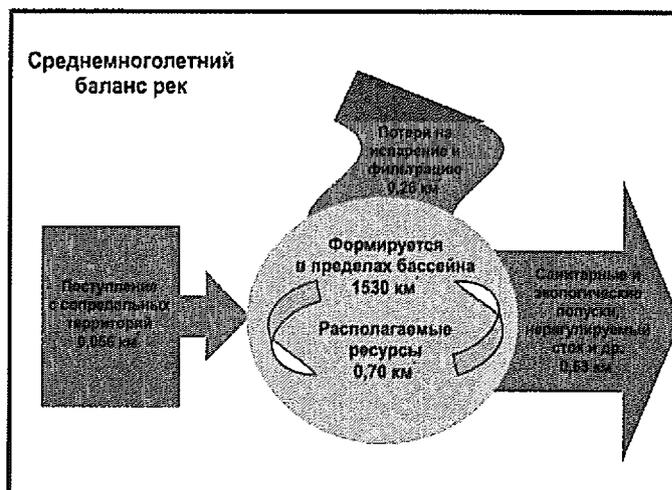


Рис. 3.6. Тобол-Тургайский бассейн

Балхаш-Алакольский бассейн

Поступление воды из сопредельных территорий составляет 11,4 км³, что составляет 41 % среднеголетнего баланса рек, остальные 59% (16,4 км³) формируются на территории Казахстана. Потери на испарение и фильтрацию составляют 2,3 км³, а на необходимые санитарные и природоохранные попуски с учетом поддержания равновесия озера Балхаш приходится 16,9 км³. Поэтому располагаемые для нужд отраслей экономики водные ресурсы рек относительно невелики - 8,6 км³, что превышает объем располагаемых вод в Шу-Таласском бассейне более чем в два раза, но меньше по сравнению с объемом Арало-Сырдарьинского бассейна.

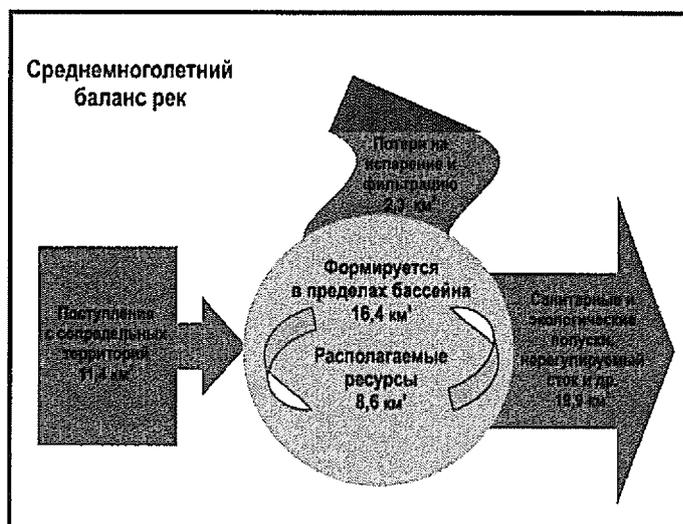


Рис. 3.7. Балхаш-Алакольский бассейн

Шу-Таласский бассейн

Поступление воды из сопредельных территорий составляет $3,1 \text{ км}^3$ или половину от всего водного фонда. Если рассматривать баланс рек Шу, Талас, Аса, то $3/4$ стока приходит в Республику Казахстан из Кыргызской Республики и только четверть ($1,0 \text{ км}^3$) формируется на территории Казахстана. Потери на испарение и фильтрацию невелики - $0,1 \text{ км}^3$, также как и необходимые санитарные и природоохранные попуски - $0,3 \text{ км}^3$, т.е. вода используется регионом эффективно. Это объясняется близостью орошаемых земель Жамбылской области к границе Кыргызстана. Вопрос водообеспечения отраслей экономики региона зависит от межгосударственных отношений Республики Казахстан и Кыргызской Республики.

Арало-Сырдарьинский бассейн

Объем воды, поступающей из сопредельных территорий, составляет $14,6 \text{ км}^3$, что составляет $66,5\%$ водного фонда бассейна. В пределах самого бассейна формируется $3,3 \text{ км}^3$. Потери на испарение и фильтрацию составляют $3,8 \text{ км}^3$, а необходимые санитарные и природоохранные попуски - $3,1 \text{ км}^3$. Располагаемые водные ресурсы бассейна составляют 12 км^3 .

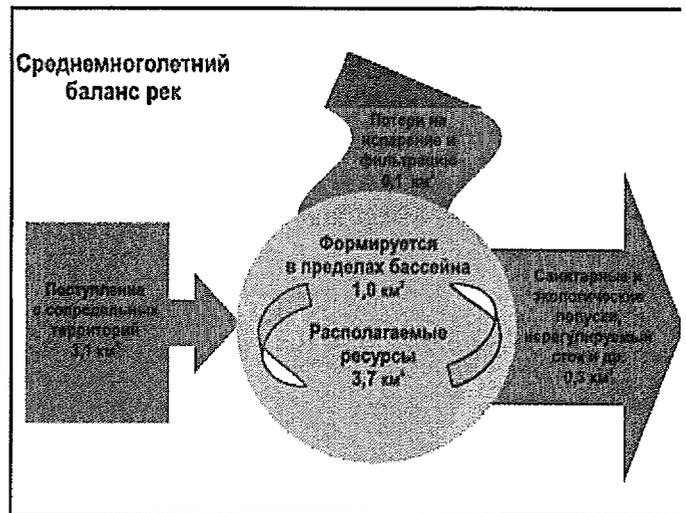


Рис. 3.8. Шу-Таласский бассейн

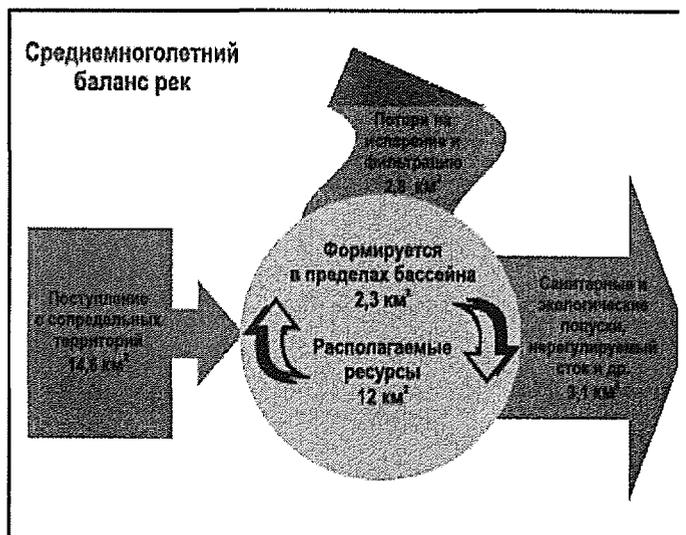


Рис. 3.9. Арало-Сырдарьинский бассейн

Перспективный и прогнозный водохозяйственные балансы.

Для обоснования концепций развития и разработки национальной стратегии развития водохозяйственного сектора, и экономики государства в целом, весьма важным является оценка перспективного и прогнозного водохозяйственных балансов. В табл. 1 и 2 Прил. 1 приведены современный и перспективный (прогнозный) водохозяйственные балансы по Республике Казахстан, которые дают представление о распределении водных ресурсов, а также о дефицитах воды, отражающихся на экономике и экологической обстановке в стране [18].

Таблица 3.4

Водохозяйственный баланс на современном этапе, км³

	Статьи баланса	Средне-го-летняя водность	75% обеспеченность	95% обеспеченность
ПРИХОДНАЯ ЧАСТЬ				
1.	Естественный речной сток	100,5	76,1	58,2
2.	Подземные воды (используемые)	1,7	1,7	1,7
3.	Поступление возвратных вод в реки	1,9	1,4	1,1
4.	Сработка многолетних запасов водохранилищ	-	0,4	0,4
5.	Шахтные, сточные и коллекторно-дренажные воды, не поступающие в реки (используемые)	1,1	1,1	1,1
6.	Морская вода (используемая)	1,8	1,8	1,8
ИТОГО		107,0	82,5	64,3
РАСХОДНАЯ ЧАСТЬ				
1.	Водопотребление народного хозяйства (из всех источников)	35,5	35,5	31,5
2.	Наполнение водохранилищ	1,4	1,0	0,5
3.	Экологические, рыбохозяйственные, санитарные пуски в низовья рек.	28,8	28,8	28,8
4.	Транспортно-энергетические пуски (в Россию)	8,8	8,8	8,8
5.	Потери стока на испарение и фильтрацию	12,1	11,0	10,0
6.	Нерегулируемый сток весенних половодий.	4,8	4,0	3,0
ИТОГО		91,4	89,1	82,6
	Расход	91,4	89,1	82,6
	Избыток стока	15,6	-	-
	Дефицит стока	-	6,6	18,3

Источник: Комитет по водным ресурсам МСХ РК, 2002 г.

Прогнозный водохозяйственный баланс до 2020 гг., км³

	Статьи баланса	Средне-го-летняя водность	75% обеспеченность	95% обеспеченность
ПРИХОДНАЯ ЧАСТЬ				
1.	Естественный речной сток	95,5	71,1	53,2
2.	Подземные воды (используемые)	15,1	15,1	15,1
3.	Поступление возвратных вод в реки	1,7	1,2	1,0
4.	Сработка многолетних запасов водохранилищ	-	0,5	0,5
5.	Шахтные, сточные и коллекторно-дренажные воды, не поступающие в реки (используемые)	1,5	1,5	1,5
6.	Морская вода (используемая)	2,0	2,0	2,0
ИТОГО РАСХОДНАЯ ЧАСТЬ		115,8	91,4	73,3
1.	Водопотребление народного хозяйства (из всех источников)	43,0	43,0	39,0
2.	Наполнение водохранилищ	1,5	1,0	0,5
3.	Экологические, рыбохозяйственные, санитарные попуски в низовья рек.	30,0	30,0	30,0
4.	Транспортно-энергетические попуски (в Россию)	12,2	12,2	12,2
5.	Потери стока на испарение и фильтрацию	12,0	11,0	10,0
6.	Нерегулируемый сток весенних половодий.	4,5	4,0	3,0
ИТОГО				
	Расход	103,2	101,2	94,7
	Избыток стока	13,1	-	-
	Дефицит стока	-	9,8	21,4

Источник: Комитет по водным ресурсам МСХ РК, 2002 г.

4. СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

4.1. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы

В современных условиях хозяйственной деятельности антропогенное воздействие на гидросферу стало нарушать естественные природные процессы. Приобретенная в процессе эволюции способность природы к саморегулированию в условиях естественных изменений среды стала ослабляться. Человек, внося искусственные изменения в природную среду без учета законов природы, нарушает их устойчивость, что часто приводит к непоправимым и пагубным изменениям в экосистемах, прогрессирующему разрушению биосферы. В тяжелых условиях оказались и воздушная среда. Проблема получения чистого воздуха и свежей воды стоит перед более чем третьей частью населения планеты.

Проблема охраны природных вод наиболее остро встала перед промышленно развитыми странами. В особенно трудном положении находятся малые реки в густонаселенных промышленных районах, водные ресурсы которых не обеспечивают нужды народного хозяйства. Часто эти реки доводят до полного истощения[4].

Водные ресурсы того или иного региона, зависящие от глобальных метеорологических процессов, могут изменяться под влиянием различных видов хозяйственной деятельности, связанной или с использованием водных ресурсов, или с использованием территории, в пределах которой они сформируются. В первом случае хозяйственная деятельность оказывает прямое воздействие на водные ресурсы и осуществляется с помощью строительства гидротехнических сооружений – плотин, водохранилищ, водозаборных и водосбросных сооружений. Во втором случае хозяйственная деятельность является причиной косвенного воздействия на водные ресурсы, вызываемого

изменением условий формирования речного и подземного стока.

Прямое воздействие на водные ресурсы включает:

- изъятие воды из источника (в том числе для подачи воды в другие бассейны);
- регулирование речного и подземного стоков, т.е. перераспределение во времени путём создания водохранилищ;
- перевод одних видов водных ресурсов в другие.

Размер влияния изъятия воды из источника на водные ресурсы, как правило, характеризуется безвозвратным водопотреблением, вычисляемым по разности объёмов забираемой и сбрасываемой воды выше рассматриваемого створа водного объекта.

При регулировании стока происходит аккумуляция воды в водохранилище (накопление ресурсов) или опорожнение водохранилища в результате попусков воды в нижний бьеф гидроузла. Кроме того, располагаемые водные ресурсы уменьшаются на величину дополнительного испарения, вычисляемую по разности испарения с водной поверхности и испарения с поверхности суши, затопленной при создании водохранилища. Фильтрационные потери водохранилищ увеличивают запасы подземных вод.

Перевод одних видов водных ресурсов в другие осуществляется в результате заполнения подземных ёмкостей поверхностными водами, вывода подземных вод на поверхность, сработки вековых запасов озерных и подземных вод, искусственного усиления таяния ледников.

Косвенное воздействие на водные ресурсы оказывают:

- вырубка леса;
- распашка земли;
- снегозадержание;
- урбанизация;
- осушение;
- строительство прудов и малых водохранилищ;

- горные работы.

Косвенное воздействие приводит к медленным и сравнительно плавным изменениям речного и подземного стока, определить которые трудно вследствие значительных естественных (климатических) колебаний водности, а также из-за компенсационных процессов, заключающихся в уменьшении суммарного испарения с отдельных участков поверхности речного бассейна после осушения болот, понижения уровня грунтовых вод и т.д.

Прямое воздействие практически не изменяет условий формирования естественных водных ресурсов и обычно учитывается в практике составления водохозяйственных балансов. Косвенное воздействие оценивается в виде поправок к естественным характеристикам водных ресурсов в разные по водности годы и сезоны. Используемые при этом методы подразделяются на две основные группы:

- анализ многолетних данных о расходах воды в пунктах стационарных гидрологических наблюдений совместно с метеорологическими данными и сведениями о хозяйственной деятельности на водосборе;
- анализ отдельных элементов водного, теплового и солевого балансов непосредственно на участках речного бассейна.

К первой группе относятся методы интегральных кривых, проверки на тренд, множественной корреляции и т.д. [6]. Недостатком этих методов является то, что они требуют данных за длительные периоды наблюдений, охватывающие различные этапы развития хозяйственной деятельности. Кроме того, ими не вскрывается физическая сущность гидрологических процессов, происходящих на водосборе, поэтому влияние каждого фактора в отдельности не может быть определено с достаточной надежностью.

Основу второй группы методов составляют уравнения водного, теплового и солевого балансов, которые позволяют установить физическую сущность гидрометеорологических процессов, происходящих на рассматриваемой территории, и смоделировать будущие водно-балансовые соотношения в

зависимости от сценариев развития хозяйственной деятельности. Недостатком этих методов является невысокая точность измерения и расчета отдельных составляющих баланса.

При любом методе оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы необходимо учитывать, что точность оценки зависит от качества, полноты и надежности не только гидрологической и водохозяйственной информации, но и данных о степени хозяйственной деятельности на речных водосборах.

Некоторые виды хозяйственной деятельности, не оказывая существенного влияния на величину водных ресурсов, приводят к нарушению водного режима и тем самым негативно влияют на экологическое состояние водных объектов. В первую очередь это относится к регулированию русла рек: дноуглубительные и другие работы для обеспечения судоходства, углубление рек-водоприемников при осушении заболоченных земель. Осуществление этих мероприятий вызывает понижение уровней воды в русле и на пойме, изменение внутриводных процессов, увеличение скорости течения воды, в результате чего повышается интенсивность переработки берегов, изменяются процессы образования наносов. Так, например, на реке Оресса ниже Любанского водохранилища за 25 лет русло заилилось почти на 1 м. Такого рода мероприятия и их последствия должны учитываться при планировании использования и охраны вод.

Если косвенное воздействие в основном сказывается на водных ресурсах малых, а иногда и средних рек, то в результате прямого воздействия даже сравнительно большие реки могут превратиться в ручейки, а на устьевых участках вообще пересохнуть. Примером служит река Сырдарья, которая вследствие интенсивного водопользования в маловодные годы теряется в песках и до Аральского моря не доходит [3].

4.2. Природно-антропогенное воздействие на гидроэкологические функции объектов

Особенности гидрологических и экологических ограничений на водопользование, которые выражаются в виде требований гидроэкологической безопасности водных объектов и окружающих их территорий и гидроэкологического потенциала использования их водных ресурсов, определяются функциями, которые эти объекты играют в природе и обществе. Многообразие аспектов влияния водных объектов и гидрологических процессов на условия жизни населения, существования водных и наземных экосистем при естественном или измененном гидрологическом режиме рек, озер, водохранилищ и подземных вод, на возможность и эффективность разнообразных видов производства проявляется через разнообразные гидроэкологические функции водных объектов. К ним относятся экологическая, геосферная, ландшафтная, водохозяйственная, рекреационно-эстетическая и социально-экономическая функции (табл. 4.1) [20-21].

Таблица 4.1

Гидроэкологические функции водных объектов	
Функции	Характеристика функций
Экологическая	Обеспечение условий жизни населения, воспроизводства живых организмов, утилизация отходов хозяйственной деятельности
Геосферная	Участие в круговороте воды, наносов, химических веществ, обеспечение потоков веществ различной природы и энергии в системе гидросфера – атмосфера – педосфера – литосфера – биосфера
Ландшафтная	Участие в процессах выветривания, изменении направленности и интенсивности эрозионных русловых процессов, формирования зональных ландшафтов и трансформация веществ различной природы и энергии в гидрографической сети территорий
Водохозяйственная	Предоставление водных, энергетических, биологических, сырьевых и других ресурсов водных объектов и их бассейнов для социально-экономического развития
Рекреационно-эстетическая	Создание условий для отдыха, эстетического развития отдельной личности и человеческого общества
Социально-экономическая	Возникновение рисков социальных, экономических и экологических ущербов при действии опасных гидрологических процессов

Гидроэкологические функции водных объектов характеризуют многообразие аспектов использования и влияния водных объектов, гидрологических процессов, водохозяйственной деятельности на условия жизни населения, возможность и эффективность разнообразного использования ресурсов рек и речных долин, на условия существования водных и прибрежных экосистем. Эти функции способствуют или препятствуют экономически эффективному и экологически безопасному использованию земельных, лесных, сырьевых, водных, энергетических, транспортных, биологических, рекреационных и иных ресурсов речных долин и водосборов.

Изменение гидроэкологических функций происходит под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. На рис. 4.1 представлено соотношение антропогенных и природных факторов в изменении гидроэкологических функций водных объектов [21].

Природное изменение составляющих речного стока приводит к опасным гидрологическим явлениям, которым относится затопление освоенных территорий, маловодья, деформации русел рек, негативное изменение ледовых явлений и даже качества воды, поскольку формирование ее потребительских качеств сильно зависит от способности природных вод к самоочищению и разбавлению различных видов загрязняющих веществ. В зависимости от конкретных природных условий изменяются повторяемость, интенсивность и площадь негативного влияния опасных гидрологических явлений на население и сельское хозяйство. Эти явления могут оказаться следствием хозяйственной деятельности на водосборах рек и в их руслах, поскольку природопользование способно существенно влиять на водоносность рек, внутригодовое распределение стока, мутность воды, ее химический состав, температуру воды и энергию водных потоков. В этих условиях изменение гидроэкологических функций зависит не только от природных факторов, но и уровня освоенности территории, экономического положения страны и ее отдельных регионов, используемых технологий природопользования, его масштабов и интенсивности, степени вовлечения водных объектов в производственные операции, токсичности и объема сточных вод и т. п. Нередко имеет место

одновременное воздействие природных и антропогенных факторов на безопасность природопользования. Сочетание длительного маловодья и аварийного сброса сточных вод, например, приводит к экстремально высоким концентрациям загрязняющих веществ.

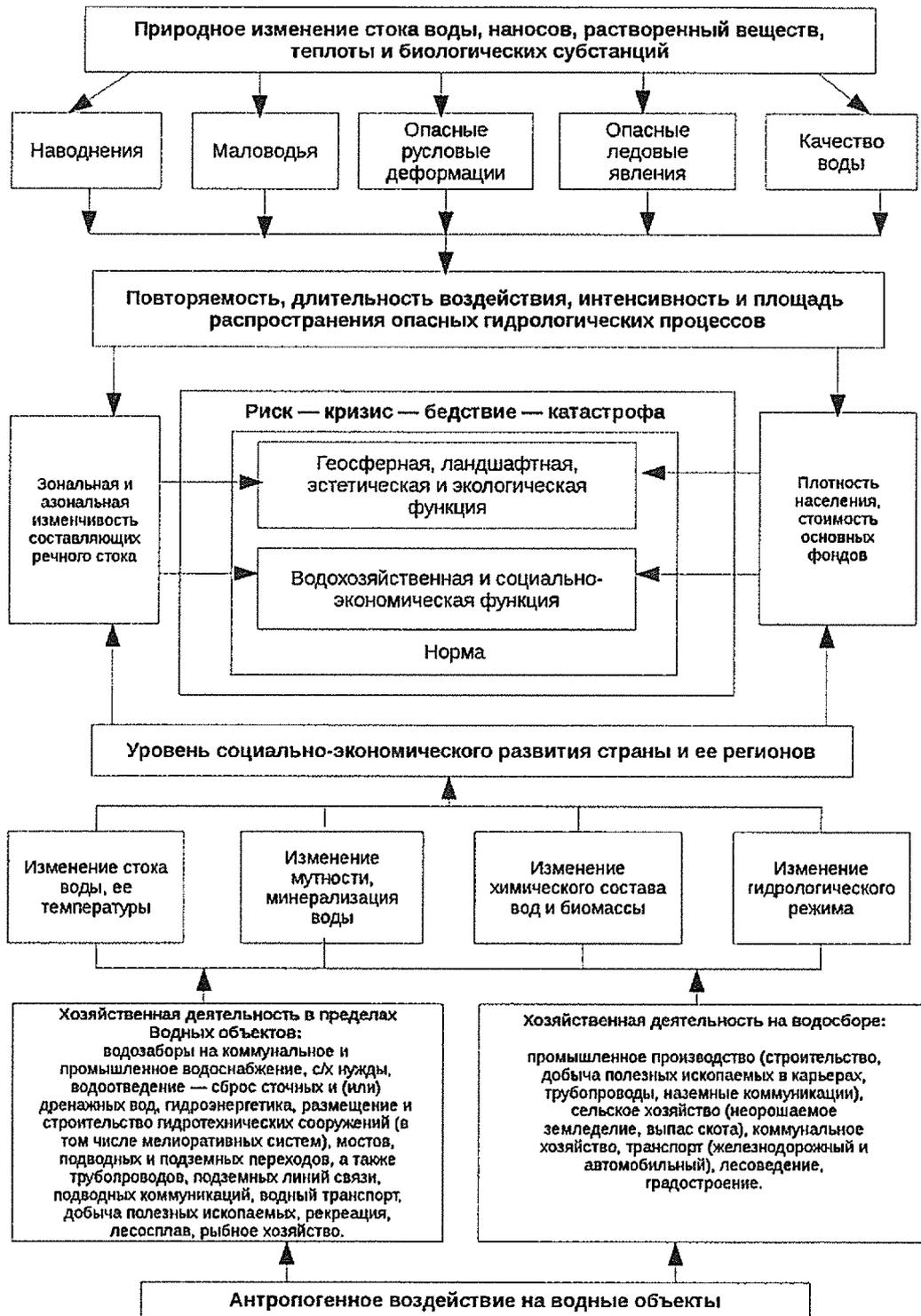


Рис.4.1. Соотношение природных и антропогенных факторов в изменении гидроэкологических функций водных объектов

Для оценки особенностей гидроэкологических функций и их изменений, целесообразно рассматривать совокупность параметров, характеризующих состояние водных объектов, определяемых как природными процессами (например, характеристики стока воды, наносов, растворенных веществ и биологических субстанций, их внутригодовое распределение в годы различной обеспеченности, сроки весеннего половодья и паводков; площадь и продолжительность затопления поймы и дельты, теплового и ледового режимов, русловых процессов и др.), так и хозяйственной деятельностью человека (объемы водозаборов; поступления возвратных и сточных вод; параметры их очистки; физические, химические и биологические характеристики этих вод; параметры регулирования речного стока и т.д.). Все они связаны между собой, и их изменение может быть описано рядом уравнений и зависимостей, в основе которых лежат законы сохранения вещества и энергии, движения поверхностных и подземных вод и др.

Воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных объектов может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает социальных, производственных и экологических ущербов A_{\min} максимальное (критическое) $A_{\text{кр}}$, последствиями которого могут быть катастрофические события, связанные с гибелью людей, исключительно большими материальными и экономическими потерями, деградацией и даже исчезновением водных объектов и водных экосистем. В первом случае оно определяется как «нормальное», соответствующее фоновому состоянию водных объектов и фоновому характеру гидрологических процессов, укладывающемся в некоторые диапазоны изменчивости (заранее неизвестные) или «норме» гидроэкологических функций по отношению к запросам населения, воздействию водных объектов на социальные и производственные объекты. При этом состояние отношений между населением, хозяйством, экосистемами и водными объектами определяет экономически эффективное и экологически безопасное природо- и водопользование. Оно соответствует критериям

обеспечения гидроэко-логической безопасности водного объекта (реки или ее участка, озера, водохранилища, горизонта подземных вод или артезианского бассейна), его водосбора или другой территории (район, область, республика, регион, страна) [22, 23]. Поддержание гидроэкологической безопасности на уровне нормы обеспечивает достаточные водные ресурсы; надежное водоснабжение; приемлемое качество воды; низкий природный уровень развития опасных гидрологических явлений; стабильность числа водных объектов; природные условия существования водных и наземных экосистем. Изменения фоновых условий под влиянием природных факторов и техногенных нагрузок последовательно увеличивают риск экологических и экономических ущербов. При этом позитивные и активно используемые населением и хозяйством функции водных объектов при определенных условиях и в некотором диапазоне значений гидрологических характеристик могут быть причиной нарушения гидроэкологической безопасности [24,25]. Данные нарушения или степени деградации (риск – кризис – бедствие - катастрофа) [26,27,28] могут иметь различные последствия для здоровья и жизнедеятельности населения, хозяйства, условия существования биоценозов. Подобная (с несколько иной степенью детальности) оценочная структура эколого-геологической безопасности рассмотрена в работе [29]. Причиной рассматриваемых нарушений могут быть как природные факторы, например, изменения стока воды, наносов, растворенных веществ в многолетнем и сезонном разрезе, наводнения или длительные маловодья, так и антропогенные нагрузки, приводящие к возникновению опасных явлений или нарушению условий функционирования природных экосистем, состояния водных объектов, условий нормальной жизнедеятельности населения. Мера нарушения фонового (естественного) уровня гидроэкологической безопасности зависит от региона страны, природных условий, истории его освоения. Основная сложность состоит в определении пороговых или граничных значений, соответствующих возможному переходу от нормального состояния к условию кризиса, бедствия

или катастрофы. В настоящее время сделаны попытки «нащупать» эти критические значения параметров эмпирическим путем, используя данные об устойчивости и уязвимости водных экосистем [30,31]. Для оценки гидроэкологических условий (отдельных функций) водных объектов и степени их нарушений используют прямые и индикаторные критерии. Прямые критерии оценки регламентируются нормативно-директивными документами и выражаются по отношению к ПДК, ПДВ и т.д.

Наиболее разработаны данные критерии для показателей качества воды, нормированных в отношении физического (мутность, температура), химического (содержание химических веществ и элементов) и бактериального загрязнения [32, 33, 34, 35, 36, 37]. В меньшей степени разработаны гидроэкологические оценки природного и техногенного изменения объема водных ресурсов, хотя и здесь имеются некоторые рекомендации [26, 38, 39, 40, 41]. В рамках теории экологического русловедения разработаны критерии оценок направленности и интенсивности русловых процессов [42]. В качестве индикаторных выступают, например, коэффициенты использования водных ресурсов $k_{ивр}$ или удельной водообеспеченности [43], биотические критерии [44, 28]. Критерий $k_{ивр}$ представляет собой отношение величин полного водопотребления и реальных водных ресурсов. При этом возобновляемые водные ресурсы - сумма местных водных ресурсов, формирующихся в пределах рассматриваемого региона, и притока речных вод с соседних территорий. Если $k_{ивр} < 10\%$, то нехватка воды (водный стресс) отсутствует или ситуация соответствует норме. При изменении этого коэффициента в пределах от $10 \leq k_{ивр} < 20\%$ существует слабая нехватка воды, уровень водообеспечения становится фактором, ограничивающим развитие региона. Если $k_{ивр} = 20-40\%$, то дефицит воды носит умеренный характер, а для устойчивого развития территории необходимо регулировать в ее пределах предложение и спрос на воду. В противоположном случае ($k_{ивр} > 40\%$) для территории характерен высокий уровень водного стресса. Градации очень высокого и критического

уровня стресса соответствуют условию $k_{\text{ивр}} = 40-60\%$ (имеет место серьезный дефицит воды и острая необходимость регулирования и ограничения водопотребления, привлечения дополнительных источников воды. Дефицит водных ресурсов становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение уровня благосостояния населения. При $k_{\text{ивр}} > 60\%$ (критически высокая нагрузка) дефицит водных ресурсов становится критическим фактором развития экономики и безопасности жизнедеятельности.

Для критериев выделения классов гидроэкологического состояния (функций) водных объектов используют показатели, которые разделяют на тематические, пространственные и динамические (например, продолжительность, скорость и площади затопления и загрязнения территории, число пострадавших, величина ущерба на единицу площади и т. д.). Они могут быть использованы при картировании гидроэкологических условий и свойств водных объектов. Единого интегрального показателя состояния водных объектов не существует, однако число наиболее представительных показателей можно свести к разумному минимуму.

Для обеспечения рассмотренных выше функций водных объектов общество принимает на себя обязательства по ограничению природо- и водопользования для сохранения количества и определенного качества природных вод и обеспечения безопасности своей жизнедеятельности. Запасы воды на Земле колоссальны, но возможность их использования ограничена в первую очередь природными (в т. ч. экологическими) факторами. Рост водопотребления и потери воды в результате загрязнения создают дополнительные ограничения на использование водных ресурсов в будущем. В этой связи целесообразно рассмотреть состав и содержание современных и ожидаемых гидрологических ограничений природопользования, которые смогут обеспечить соответствующий уровень гидроэкологической безопасности водных объектов или какой-либо территории.

Требования обеспечения гидроэкологической безопасности могут быть предъявлены в виде целого ряда условий, выражающих ограничения на допустимые изменения параметров состояния водного объекта или территории в течение расчетного периода. Тип и величина ограничений зависят от вида хозяйственной деятельности. К ним могут относиться: гарантирующие сохранение водных экосистем и удовлетворение интересов водопользователей ограничения снизу на расходы воды в реках (минимальный допустимый сток) и уровни воды в озерах и водохранилищах; обеспечивающие безопасность населения и гидротехнических сооружений ограничения сверху на расходы и уровни воды; ограничения на концентрацию загрязняющих веществ (ПДК); ограничения на температуру, мутность, минерализацию, pH, цвет и запах сточных и природных вод; ограничения на колебания уровня грунтовых вод и изменения пьезометрического напора артезианских вод; ограничения на степень развития различных опасных гидрологических явлений [45].

4.3. Формирование качества природных вод под воздействием факторов естественного и антропогенного происхождения

Качество поверхностных и подземных вод формируется под влиянием большого количества факторов естественного происхождения и антропогенных факторов.

К факторам естественного происхождения относятся:

- водная и ветровая эрозия;
- русловые процессы;
- химическое взаимодействие воды с горными породами дна и берегов;
- взаимосвязь поверхностных и подземных вод;
- атмосферные осадки;
- фильтрация и диффузия.

Под водной и ветровой эрозией подразумевается разрушение горных пород и почвенного покрова с выносом частиц почвы и горных пород соответственно потоками воды и ветром. Русловые процессы способствуют разрушению берегов, образованию донных отложений, вымыванию частиц горных пород. В результате химического взаимодействия воды с горными породами количество и состав растворенных в воде элементов изменяется. Они выносятся из водных объектов поверхностным и подземным стоком или, наоборот, аккумулируются в них. Химический состав атмосферных осадков зависит от количества и состава минеральных и органических частиц, заносимых ветром с поверхности земли, а также с водной поверхности. Под влиянием фильтрации и диффузии химические вещества из поверхности земли проникают в подземные воды.

Диффузия – зависящий от температуры и давления физический процесс, заключающийся в передвижении вещества от раствора с большей концентрацией в сторону раствора с меньшей концентрацией.

Фильтрация – просачивание воды по мелким порам породы под влиянием силы тяжести (гравитации) в сторону снижения давления и температуры.

Значимость вышеперечисленных факторов в свою очередь зависит от климата, рельефа местности, растительности, геологического строения земной коры, водообмена и гидравлических процессов. Поэтому изменение качества природных вод по территории во многом зависит от физико-географических условий и носит зональный характер. Следовательно, при отсутствии существенного антропогенного воздействия регистрируемые в процессе специальных наблюдений показатели качества природных вод могут обобщаться по зонам их формирования. Они используются в водно-экологических расчетах и часто называются «фоновыми показателями» [3].

Человеческая деятельность изменяет состояние ландшафтов, которое сформировалось исключительно под действием природных факторов. При решении практических задач охраны водных объектов условно принимают

фоновыми участками рек (или озер), расположенные вне непосредственного влияния источников загрязнения. Этим требованиям отвечают верховья рек или их притоков.

Химический состав вод местного стока (стока одинаковых по происхождению вод, формирующихся в пределах определенной местности, в приблизительно одинаковых условиях, склонах и почвогрунтах) зависит от категории воды и характера питания рек и водоемов в годичном цикле. В озерах одним из основных факторов, определяющих качество воды, является характер водного питания. Полевые исследования позволяют построить изолинии качества речных вод, соответствующего определенному генетическому классу и интенсивности водообмена. Для рек генетический принцип не подходит, так как при этом не учитываются колебания стока в годичном и многолетнем периодах, а так же неравномерность одновременных стоковых характеристик по территории. Определение гидрохимических показателей фоновых участков рек с учетом характеристик стока позволяет определять показатели воды при расчетных расходах. Предполагается, что между гидрохимическими ингредиентами и речным стоком существует коррелятивная зависимость. Существование связи между параметром стока и рассматриваемым ингредиентом дает возможность определить их значения, соответствующие расходу произвольной обеспеченности. Расчетные показатели воды определяют обычно при обеспеченностях речного стока $P=75...97\%$ (в зависимости от решаемой задачи). Метод дает хорошие результаты при изучении гидрохимических ингредиентов, характеризующих минеральный состав стока. Установлена коррелятивная зависимость (коэффициент корреляции $\gamma = 0,9$):

$$\sum i = k \lg M + d, \quad (4.1)$$

где $\sum i$ – сумма ионов, мг/л; k – коэффициент; M – модуль стока л/(с · км²); d – постоянная.

Отсутствует связь между стоком и ингредиентами, характеризующими содержание в реках органических веществ (БПК, окисляемость и пр.). Прямой

связи нет так же между окисляемостью и БПК, поэтому значения БПК и окисляемости должны рассматриваться по кривым обеспеченности типа $BPK_5 = f(P\%)$. БПК имеет обычно два максимума: в паводок, когда частично смывается поверхность грунта, и осенью, во время увядания растительности.

Для пятидневных значений БПК на полные для фоновых значений загрязненностью вод можно пользоваться коэффициентом пересчета 1,5...2 (для рек с болотным питанием принимается коэффициент пересчета 2). Таким образом, фоновые значения БПК для рек и водоемов со значительным питанием болотными водами превышают часто значения ПДК, что указывает на необходимость корректировки ПДК с учетом местных условий. Погрешность при оценке фоновых значений БПК достигает $\pm 0,2$ мг/л (при не менее двукратной повторности) и более. В морской воде фоновые БПК могут быть равны 2 мг/л.

При определении допустимой нагрузки водоемов загрязнениями существенное значение имеет кислородный режим. Содержание растворенного в воде кислорода не падает в фоновых участках рек ниже 6...8 мг/л, а зимой – ниже 8...10 мг/л, т.е. дефицит в кислороде составляет 20...40%. Обедненные кислородом воды наблюдаются в зонах грунтового питания и под сплошным ледяным покровом (в озерах требуется часто дополнительная аэрация).

Токсических и прочих вредных веществ и микробов в воде фоновых участков рек, озер и морей, как правило, не содержится. Исключением являются фенольные соединения растительного происхождения (продукты разложения древесины и др.), которые в малых концентрациях обнаружены даже в верховьях ряда горных рек. При качественной оценке и прогнозах последствий сброса в водоемы и реки сточных вод существенное значение имеют условия разбавления и смешения сточных вод, что зависит в значительной степени от гидрологического режима и морфометрии русла рек. Процессам разбавления способствуют поперечные течения, зависящие от коэффициента извилистости русла:

$$\varepsilon = l_{\phi} / l_{np}, \quad (4.2)$$

где l_{ϕ} – длина участка водотока, измеренная по фарватеру; l_{np} – длина этого же участка, измеренная по прямой.

При $\varepsilon < 1,2$ река прямолинейная, при $\varepsilon = 1,2 \dots 1,4$ — умеренноизвилистая и при $\varepsilon > 1,4$ — сильноизвилистая. Реки типизируют так же по скорости течения, расходу и коэффициенту Шези и делят на горные, предгорные и равнинные. Для разделения рек на группы по их величине можно воспользоваться классификацией, согласно которой ручьями называют водотоки площадью водосбора $A < 10 \text{ км}^2$; малыми реками — $A < 5000 \text{ км}^2$; $l = 50 \dots 250 \text{ км}$, $Q = 2,5 \dots 50 \text{ м}^3/\text{с}$; средними реками — водотоки площадью $A = 5000 \dots 50000 \text{ км}^2$, $l = 250 \dots 600 \text{ км}$, $Q = 50 \dots 500 \text{ м}^3/\text{с}$; большими реками — водотоки площадью $A > 50000 \text{ км}^2$, $l > 600 \text{ км}$, $Q > 500 \text{ м}^3/\text{с}$.

Фоновые значения интенсивности загрязнения рек и водоемов являются важной предпосылкой при определении предельно допустимой нагрузки сточными водами [4]

К факторам антропогенного воздействия на качество вод относятся:

- сброс коммунально-бытовых и производственных сточных вод городов и промышленных центров;
- вынос загрязняющих веществ поверхностным стоком с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий;
- поступление загрязняющих веществ от рассредоточенных на водосборной площади животноводческих комплексов, складов хранения ядохимикатов, минеральных удобрений и других экологически опасных объектов (особенно в период сильных дождей и в аварийных ситуациях);
- выпадение загрязненных осадков, формирующихся под влиянием локальных источников загрязнения или трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере (от других государств);
- выклинивание загрязненных подземных вод в речную сеть;
- отведение шахтных, карьерных и других вод, образующихся при добыче

полезных ископаемых;

- мелиоративные преобразования (осушение и орошение), способствующие выносу загрязняющих веществ в речную сеть;
- аварии на промышленных и других предприятиях, например, катастрофа на Чернобыльской АЭС (1986 г.);
- регулирование стока и русл рек, способствующее эвтрофикации водоемов, аккумулярованию и периодическому всплыванию сильно загрязненных донных отложений, понижению уровней воды и усилению деформаций русл, заилению, оползанию откосов, изменению внутриводных процессов [3].

Е(э)втрофикация (от греческого «eutrophia» - хорошее питание) - накопление в воде биогенных элементов, вызывающее развитие сине-зелёных водорослей, «цветение» воды и выделение токсических веществ.

Главные загрязнители вод. Установлено, что более 400 видов веществ могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности: санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому, вода считается загрязненной.

Различают химические, биологические и физические загрязнители (П. Бертокс, 1980). Среди химических загрязнителей к наиболее распространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества), пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др. Очень опасно загрязняют воду биологические загрязнители, например вирусы и другие болезнетворные микроорганизмы, и физические — радиоактивные вещества, тепло и др.

Основные виды загрязнения вод. Наиболее часто встречаются химическое и бактериальное загрязнения. Значительно реже наблюдаются радиоактивное, механическое и тепловое загрязнения.

Химическое загрязнение — наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть органическим (фенолы, нафтеновые кислоты, пестициды и др.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи),

токсичным (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.) и нетоксичным.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибов и др. Этот вид загрязнений носит временный характер

Весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих *радиоактивное загрязнение*. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и пр.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели вод.

Применительно к поверхностным водам выделяют еще их загрязнение (а точнее, засорение) *твердыми отходами* (мусором), остатками лесосплава, промышленными и бытовыми отходами, которые ухудшают качество вод, отрицательно влияют на условия обитания рыб, состояние экосистем.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры воды в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава вод, что ведет к размножению анаэробных бактерий, росту количества гидробионтов и выделению ядовитых газов — сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны, что способствует развитию других видов загрязнения.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет выпуск в них неочищенных сточных вод — промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных.

Промышленные сточные воды загрязняют экосистемы самыми

разнообразными компонентами в зависимости от специфики отраслей промышленности (нефтепродукты, фенолы, органические вещества, СПАВ, смолы и др.).

Коммунально-бытовые сточные воды в больших количествах подступают из жилых и общественных зданий, прачечных, столовых, больниц и т.д. В сточных водах этого типа преобладают различные органические вещества, а также микроорганизмы, что может вызвать бактериальное загрязнение.

Огромное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий и др., смываются с сельскохозяйственных территорий, включая площади, занимаемые животноводческими комплексами.

Значительную опасность представляют газодымовые соединения (аэрозоли, пыль и т.д.), оседающие из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов и непосредственно на водные поверхности. Плотность выпадения, например, аммонийного азота на европейской территории России оценивается в среднем в $0,3 \text{ т/км}^2$, а серы — от $0,25$ до $2,0 \text{ т/км}^2$.

Огромные масштабы нефтяного загрязнения природных вод. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, на нефтепромыслах в прибрежных зонах, при сбросе судов балластных вод и т.д.

Кроме поверхностных вод постоянно загрязняются и подземные воды, в первую очередь в районах крупных промышленных центров. Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны (рис. 4.2).

Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников, по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки и т.д.

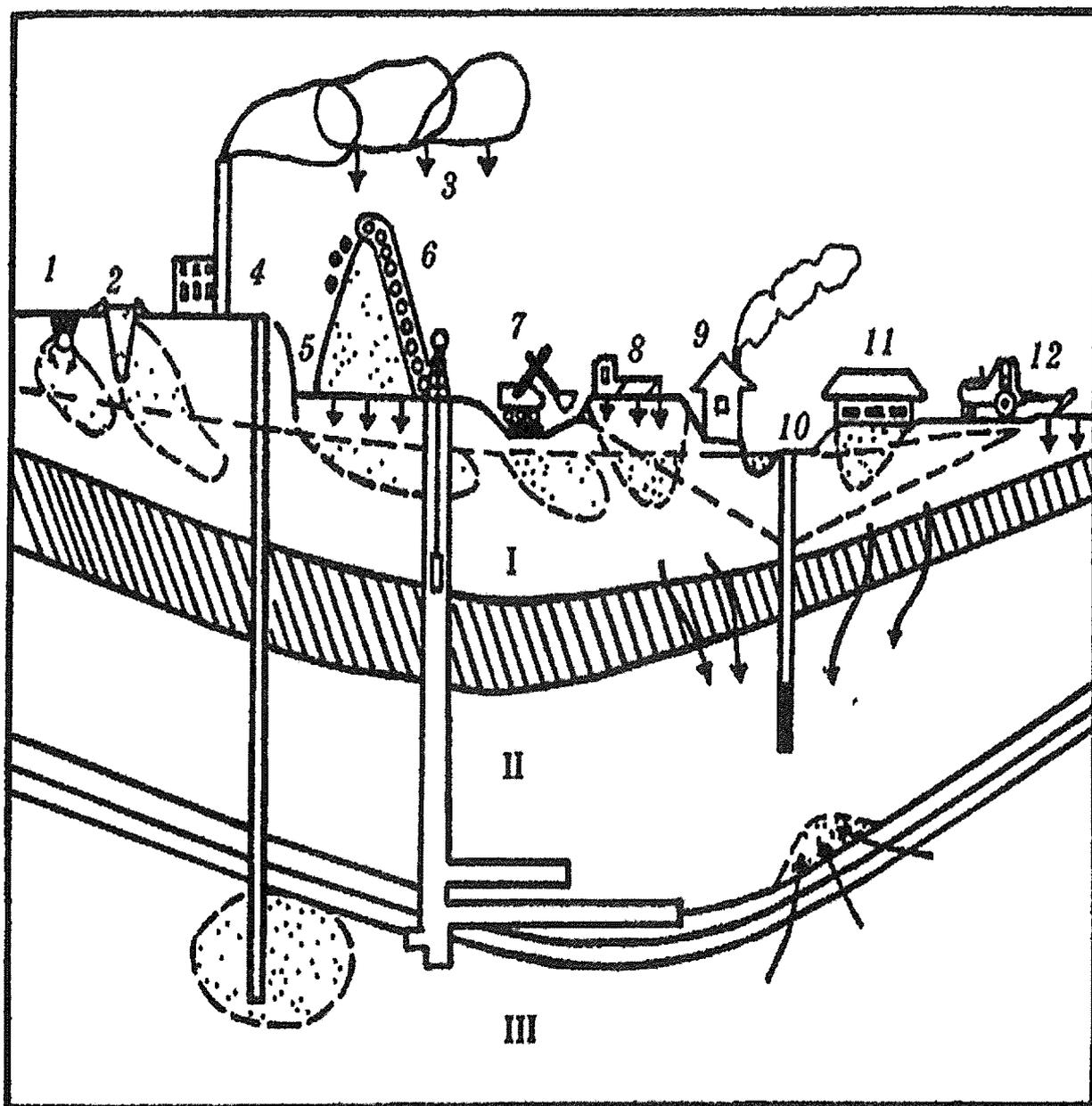


Рис. 4.2. Схема источников загрязнения подземных вод
(по В.А. Шемелиной, 1989):

I – грунтовые воды; II – напорные пресные воды; III – напорные соленые воды:
1 – трубопроводы; 2 – хвостохранилище; 3 – дымовые и газовые выбросы; 4 – подземные захоронения промстоков; 5 – шахтные воды; 6 – терриконы; 7 – карьерные воды; 8 – заправочные станции; 9 – бытовое загрязнение; 10 – водозабор, подтягивающий соленые воды; 11 – объекты животноводства; 12 – внесение удобрений и пестицидов

Загрязнения поступают в водную среду в виде концентрированных выбросов или в результате диффузии. Значительней объем загрязнений сбрасывается со сточными водами городов и промышленных предприятий, расположенных за чертой застройки.

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, можно разделить на нерастворимые, коллоидные (частицы 0,1 до 0,001 мм) и растворенные вещества.

Загрязнение водных экосистем представляет огромную опасность для всех живых организмов и, в частности, для человека.

Пресноводные экосистемы. Установлено, что под влиянием загрязняющих веществ в пресноводных экосистемах отмечается падение их устойчивости вследствие нарушения пищевой пирамиды и ломки сигнальных связей в биоценозе, микробиологического загрязнения, эвтрофирования и других крайне неблагоприятных процессов. Они снижают темпы роста гидробионтов, их плодовитость, а в ряде случаев приводят к их гибели.

Наиболее изучен процесс *эвтрофирования водоемов*. Этот естественный процесс, характерный для всего геологического прошлого планеты, обычно протекает очень медленно и постепенно, однако в последние десятилетия в связи с возросшим антропогенным воздействием скорость его развития резко увеличилась.

Ускоренная или так называемая *антропогенная эвтрофикация* связана с поступлением в водоемы значительного количества биогенных веществ: азота, фосфора и других элементов в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства, атмосферных аэрозолей и т.д.

В современных условиях эвтрофикация водоемов протекает в значительно меньшие по продолжительность сроки — несколько десятилетий и менее.

Антропогенное эвтрофирование весьма отрицательно влияет на пресноводные экосистемы, приводя к перестройке структуры трофических связей гидробионтов, резкому возрастанию биомассы фитопланктона благодаря массовому размножению сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, ухудшающих ее качество и условия жизни гидробионтов (к тому же выделяющих опасные не только для гидробионтов, но и для человека токсины). Возрастание массы фитопланктона сопровождается уменьшением разнообразия

видов, что приводит к невозполнимой утрате генофонда, уменьшению способности экосистем к гомеостазу и саморегуляции (Яблоков, 1983).

Процессы антропогенной эвтрофикации охватывают многие крупные озера мира: Великие Американские озера, Балатон, Ладожское, Женевское, а также водохранилища и речные экосистемы, в первую очередь малые реки. На этих реках, кроме катастрофически растущей биомассы сине-зеленых водорослей, с берегов происходит зарастание их высшей растительностью. Сами же сине-зеленые водоросли в результате своей жизнедеятельности производят сильнейшие токсины, представляющие опасность для гидробионтов и человека.

Помимо избытка биогенных веществ на пресноводные экосистемы губительное воздействие оказывают и другие загрязняющие вещества: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель, ртуть и др.), фенолы, СПАВ и др.

Морские экосистемы. Скорость поступления загрязняющих веществ в Мировой океан в последнее время резко возросла. Ежегодно в океан сбрасывается до 300 млрд м³ сточных вод, 90% которых не проходит предварительной очистки. Морские экосистемы подвергаются все большему антропогенному воздействию посредством химических токсикантов, которые, аккумулируясь гидробионтами по трофической цепи, приводят к гибели консументов даже высоких порядков, в том числе и наземных животных. Среди химических токсикантов наибольшую опасность для морской биоты и человека представляют нефтяные углеводороды (особенно бенз(а)пирен), пестициды и тяжелые металлы.

По Ю. А. Израэлю (1985), экологические последствия загрязнения морских экосистем выражаются во многих процессах и явлениях (рис. 4.3).

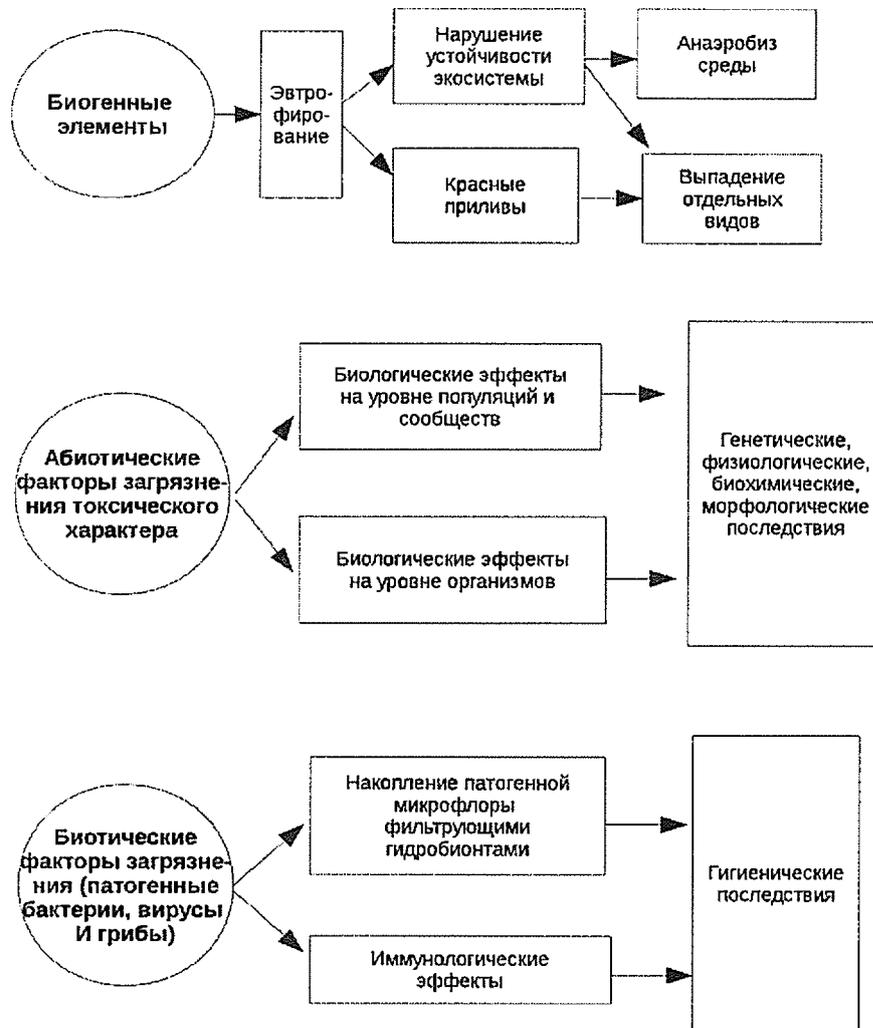


Рис. 4.3. Экологические последствия загрязнения Мирового океана

До определенного предела морские экосистемы могут противостоять вредным воздействиям химических токсикантов, используя накопительную, окислительную и минерализующую функции гидробионтов. Так, двустворчатые моллюски способны аккумулировать один из самых токсичных пестицидов — ДДТ и при благоприятных условиях выводить его из организма (ДДТ, как известно, запрещен в России, США и некоторых других странах, тем не менее он поступает в Мировой океан в значительном количестве). Ученые доказали существование в водах Мирового океана интенсивных процессов

биотрансформации опасного загрязнителя — бенз(а)пирена — благодаря наличию в открытых и полужакрытых акваториях гетеротрофной микрофлоры.

В то же время в океан продолжают поступать все новые и новые токсичные загрязняющие вещества. Все более острый характер приобретают проблемы эвтрофирования и микробиологического загрязнения прибрежных зон океана. В связи с этим большое значение имеет определение допустимого антропогенного давления на морские экосистемы, изучение их ассимиляционной емкости как интегральной характеристики и способности биогеоценоза к динамическому накоплению и удалению загрязняющих веществ [20].

4.4. Характеристика качества природных вод

4.4.1. Классификация вод по интегральным показателям качества

К категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов относят гидрохимический индекс загрязнения воды.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) и гидробиологический индекс сапробности S, как правило, рассчитывают по шести—семи показателям, которые можно считать гидрохимическими; часть из них (концентрация растворенного кислорода, водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК₅) является обязательной.

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i / \text{ПДК}_i}{N}, \quad (4.3)$$

где C_i — концентрация компонента (в ряде случаев — значение параметра); N — число показателей, используемых для расчета индекса; ПДК_i — установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 4.2). Индекс загрязнения воды используют для оценки изменения качества вод во времени, по течению, в зонах влияния крупных

источников воздействия, но делать это целесообразно в границах одной биогеохимической провинции и для однотипных водных объектов.

Таблица 4.2

Классификация качества воды в зависимости от значения индекса загрязнения

Воды	Значение ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	До 0,2	1
Чистые	0,2-1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0-2,0	3
Загрязненные	2,0-4,0	4
Грязные	4,0-6,0	5
Очень грязные	6,0-10,0	6
Чрезвычайно грязные	Более 10,0	7

Из гидробиологических показателей качества в России наибольшее применение нашел так называемый индекс сапробности (S) водных объектов. Его рассчитывают, исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитоплнктоне, перифитоне):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i}, \quad (4.4)$$

где S_i – значение сапробности гидробионта, которое задается специальными таблицами; h_i – относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа); N – число выбранных индикаторных организмов.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обуславливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее двенадцати индикаторных организмов с общим числом особей в поле наблюдения не менее тридцати.

В табл. 4.3 приведена классификация водных объектов по значению индекса сапробности S , которые также нормируются.

Классификация качества вод в зависимости от индексов сапробности

Уровень загрязненности	Зоны	Индексы сапробности S
Очень чистые	Ксеносапробная	До 0,50
Чистые	Олигосапробная	0,50-1,50
Умеренно загрязненные	а-мезосапробная	1,51-2,50
Тяжело загрязненные	б-мезосапробная	2,51-3,50
Очень тяжело загрязненные	Полисапробная	3,51-4,00
Очень грязные	Полисапробная	Более 4,00

Индекс загрязнения воды и индекс сапробности следует отнести к интегральным характеристикам состояния. Уровень загрязненности и класс качества водных объектов иногда устанавливают в зависимости от микробиологических показателей (табл. 4.4) [21].

Таблица 4.4

Классификация качества воды по микробиологическим показателям

Уровень загрязненности и класс качества вод	Общее число бактерий, 10^6 клеток/см ³	Число сапрофитных бактерий, 1000 клеток/см ³	Отношение общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий
Очень чистые, I	<0,5	<0,5	<1000
Чистые, II	0,5-5,0	0,5-5,0	>1000
Умеренно загрязненные, III	1,1-1,3	5,1-10,0	1000-100
Загрязненные, IV	3,1-5,0	10,1-50,0	<100
Грязные, V	5,1-10,0	50,1-100,0	<100
Очень грязные, VI	>10,0	>1000	<100

Кроме тех микробиологических показателей, по которым устанавливается уровень загрязненности и класс качества водных объектов (табл. 4.4), также установлены нормативы питьевой воды по микробиологическим и паразитологическим показателям, которые определяют ее безопасность в эпидемиологическом отношении (табл. 4.5).

Классификация качества воды по эпидемиологическим показателям

Показатель	Единица измерения	Норматив
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

4.4.2. Классификация вод по физико-химическим показателям

Состав поверхностных вод рек, озер, водохранилищ, морей определяется климатическими и геоморфологическими факторами, почвенно-геологическими условиями, а также гидромелиоративными мероприятиями. Состав подземных вод (межпластовых, артезианских, карстовых и др.) зависит от условий их формирования.

В состав воды входят: соли, преимущественно в виде ионов, молекул и комплексов; органические вещества — в молекулярных соединениях и коллоидном состоянии; газы — в виде молекул и гидратированных соединений; диспергированные примеси; гидро- бионты (планктон, бентос, нейстон, пагон); бактерии и вирусы. Во взвешенном состоянии в природных водах содержатся глинистые, песчаные, гипсовые и известковые частицы; в коллоидном — различные вещества органического происхождения, кремнекислота, гидроксид железа (III), фульвокислоты, гуматы; в истинно растворенном состоянии находятся в основном минеральные соли, обогащающие воду ионами.

Химический состав природных вод, под которым понимается сложный комплекс минеральных и органических веществ в разных формах ионно-

молекулярного и коллоидного состояния, подразделяется на пять групп: главные ионы, содержащиеся в наибольшем количестве (натрий Na^+ , калий K^+ , кальций Ca^{2+} , магний сульфаты SO_4^{2-} , карбонаты CO_3^{2-} , хлориды Cl^- , гидрокарбонаты HCO_3^-); растворенные газы (азот N , кислород O_2 , диоксид углерода CO_2 , метан CH_4 , сероводород H_2S и др.); биогенные элементы (соединения фосфора, азота, кремния); микроэлементы (соединения всех остальных химических элементов); органические вещества.

Содержание взвешенных веществ в поверхностных водоисточниках изменяется от нескольких единиц до десятков тысяч мг/л. Как правило, южные реки характеризуются большим содержанием взвешенных веществ. Так, в низовьях Сырдарьи их содержание достигает 12—14 г/л. Содержание солей в речных водах составляет 1,5 г/л и более. Минимальное содержание солей характерно для северных рек с поверхностным питанием (Печора, Сев. Двина, Кола), а максимальное — для южных, которые питаются подземными водами (Кура, Терек, Риони). Содержание органических веществ в речных водах достигает 150 мг/л и более (северные реки с поверхностным питанием). В воде озер содержание солей изменяется от 30 (Онежское) до 5820 мг/л (Иссык-Куль) и выше. Состав воды водохранилищ зависит от условий формирования (подготовка ложа и т.п.) и источников питания. Как правило, вода водохранилищ отмечается значительным содержанием органических веществ, наличием планктона и повышенной минерализацией в придонных слоях [48].

ПЛАНКТОН – совокупность пассивно плавающих в толще воды организмов (водоросли, простейшие, некоторые ракообразные (см. *Криль*), моллюски и др.), не способных к самостоятельному передвижению на значительные расстояния – Различают *фитопланктон* и *зоопланктон*, озерный (лимнопланктон) и речной (потамопланктон). Синоним – биосестон.

БЕНТОС – совокупность организмов, обитающих на дне водоемов. Важное промысловое значение имеют некоторые водоросли (морская капуста,

филлофора и др.), креветки, устрицы, морские гребешки, омары, крабы и др. виды.

НЕЙСТОН – совокупность живых существ, обитающих у поверхности воды, на грани водной и воздушной сред (от поверхностной пленки до 5 см в глубь вод). Иногда выделяется население лишь поверхностной пленки – гипонейстон.

ПАГОН – совокупность организмов, находящихся в толще льда (обычно в состоянии анабиоза), покрывающего поверхности водоемов [49].

В отличие от поверхностных подземные воды характеризуются небольшим количеством органических веществ и значительным содержанием минеральных солей, а иногда и растворенных газов (H_2S , CO , CH_4). При наличии гидравлической связи между поверхностными и подземными водами последние имеют повышенную окисляемость. Наблюдается прямая зависимость между глубиной залегания подземных вод и степенью минерализации, подземных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 20° по платиново-кобальтовой шкале. По постановлению органов санэпиднадзора, допустимо увеличение этого показателя до 35°. В соответствии с требованиями к качеству воды в зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см.

Привкусы и запахи, встречающиеся в природных водах, могут быть естественного (присутствие железа, марганца, сероводорода) или искусственного (сброс промышленных стоков) происхождения.

Различают четыре основных вкуса воды: соленый, горький, сладкий и кислый. Многочисленные оттенки вкусовых ощущений, складываемые из основных, называют привкусами. Соленый вкус воды обычно обусловлен

присутствием хлорида натрия, горький — сульфата магния, кислый вкус в большинстве случаев объясняется избытком растворенной углекислоты (минеральные воды), железистый привкус придают воде растворенные соли железа, щелочной – поташ, сода, едкие щелочи, вяжущий – сульфат кальция, соли марганца.

К запахам естественного происхождения относят землистый, рыбный, гнилостный, сероводородный, ароматический, болотный, глинистый, тинистый и др. К запахам искусственного происхождения относят хлорный, камфарный, аптечный, фенольный, хлор-фенольный, запах нефтепродуктов.

Возникновение в поверхностных водоемах запахов естественного происхождения обычно связано с массовым развитием водорослей – диатомовых, сине-зеленых, хризомонады и т. д. В процессе жизнедеятельности водоросли продуцируют в воду специфические органические вещества.

Интенсивность и характер запахов и привкусов воды в настоящее время определяют органолептически, т. е. с помощью органов чувств по пятибалльной шкале. Предел вкусовых ощущений человека весьма высок: так, хлорфенол им обнаруживается на вкус при концентрации 0,000004 мг/л.

Запах иногда характеризуют по «порогу разбавления» исходной дистиллированной воды с установлением кратности разбавления, необходимой, чтобы запах или привкус стали неощутимыми. Запах, вкус определяют непосредственным дегустированием при комнатной температуре, а также при 60 °С, что вызывает их усиление. Привкус и запах, определяемые при 20°С, не должны превышать 2 баллов в соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды.

Жесткость воды представляет собой свойство, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция магния. Суммарное содержание этих солей называют общей жесткостью. Общая жесткость подразделяется на карбонатную, обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при рН 8,3) кальция и магния, и не

карбонатную – концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Поскольку при кипячении воды гидрокарбонаты переходят в карбонаты, которые выпадают в осадок, карбонатную жесткость называют временной или устранимой. Остающаяся после кипячения жесткость называется постоянной. *Жесткость воды обычно выражают в мг-экв/л.*

В естественных условиях ионы кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами и других процессов растворения и химического выветривания горных пород. Источниками этих ионов являются также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды предприятий.

Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/л считается мягкой, от 4 до 8 мг-экв/л — средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв/л — жесткой, выше 12 мг-экв/л — очень жесткой. Общая жесткость колеблется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/л, причем карбонатная жесткость составляет до 70—80 % от общей жесткости. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (несколько десятков и сотен мг-экв/л).

Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70 %); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50—60 %. Жесткость поверхностных вод подкопа заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наивысшего значения в конце зимы и наименьшего — в период половодья.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения.

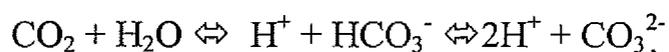
Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 7,0 мг-экв/л. Особые требования предъявляются к технической воде (из-за образования накипи). По постановлению Главного государственного

санитарного врача для конкретной системы водоснабжения возможно увеличение общей жесткости воды до 10,0 мг-экв/л.

Щелочность воды (мг-экв/л) определяется суммой содержащихся в воде гидроксильных ионов и анионов слабых кислот — угольной, органических. Различают бикарбонатную, карбонатную и гидратную щелочность, а их сумма определяет общую щелочность воды.

Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых для обработки вод в целях водоснабжения, а также при реагентной очистке некоторых сточных вод. Определение щелочности при избыточных концентрациях щелочноземельных металлов важно для установлении пригодности воды для ирригации. Вместе со значениями рН щелочность воды служит для расчета содержания карбонатов и баланса угольной кислоты в воде.

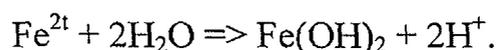
Водородный показатель (рН). Содержание ионов водорода (гидроксония — H_3O^+) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:



Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения рН тесно связаны с процессами фотосинтеза (при потреблении CO_2 водной растительностью высвобождаются ионы OH^-). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:



Значение рН в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5—8,5, в атмосферных осадках 4,6—6,1, в болотах 5,5—6,0, в морских водах 7,9—8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина рН для большинства речных вод составляет 6,8—7,4, летом 7,4—8,2. На величину рН природных вод влияет и геология водосборного бассейна.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов – источников питьевого водоснабжения, водных объектов в зонах рекреации, а также водоемов рыбохозяйственного назначения, величина рН не должна выходить за пределы значений 6,5 – 8,5.

Величина рН воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависят развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина рН воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, мет токсичность загрязняющих веществ.

Природные воды в зависимости от рН можно рационально разделить на семь групп (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Группы природных вод в зависимости от рН

Группа	рН	Примечание
Сильнокислые воды	<3	Результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые воды	3-5	Поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ
Слабокислые воды	5-6,5	Присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральные воды	6,5-7,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5-8,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Щелочные воды	8,5-9,5	Присутствие Na_2CO_3 или NHCO_3
Сильнощелочные воды	9,5	Присутствие Na_2CO или NaHCO_3 ;

Окисляемость – величина, характеризующая содержание в воде органически и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, йодатная, цериевая. Наиболее высокая степень окисления достигается методами бихроматной и йодатной обработки воды.

Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды.

Состав органических веществ в природных водах формируется под влиянием многих факторов. К числу важнейших относятся внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и трансформации, поступления из других водных объектов, с поверхностными и подземными стоками, с атмосферными осадками, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Величины окисляемости природных вод изменяются в пределах долей миллиграммов до десятков миллиграммов в 1 л воды в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также от влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т.п.

Взвешенные вещества (грубодисперсные примеси), присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов.

Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и режимом стока, зависит от пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т. п.

Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение

отложений и на скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для рекреационного использования по эстетическим соображениям.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения содержание взвешенных веществ в результате спуска сточных вод не должно увеличиваться соответственно более, чем на 0,25 и 0,75 мг/л. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в пределах 5 %.

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/л.

Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т. е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

В зависимости от степени прозрачности, воду условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную и сильно мутную.

Нахождение прозрачности по «кресту» используют при систематическом контроле работы отдельных ступеней очистки воды и при оценке качества фильтрата, в остальных случаях применяют определение прозрачности по «шрифту». Нормой прозрачности для питьевой воды является: по «кресту» -300 см, по «шрифту» – 30 см.

Определение прозрачности воды - осязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

Цветность – это показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных

соединений, который выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена, главным образом, присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т. п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

Цветность природных вод варьирует от нескольких единиц до нескольких тысяч градусов.

Различают «истинный» цвет, обусловленный только растворенными веществами, и «кажущийся» цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношение между которыми в значительной мере определяется величиной pH.

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие вод. Природные окрашенные воды часто характеризуются значительной жесткостью и повышенным содержанием железа, бора, марганца, брома и фтора. Л.А.Кульским предложена классификация примесей воды, основанная на их фазовом состоянии и дисперсности. Примеси воды разделены на четыре группы.

Примеси первой группы попадают в воду вследствие эрозии слагающих ложе водоема пород и смыва с поверхности почв. Они представляют собой нерастворимые в воде суспензии и эмульсии (а также планктон и бактерии), кинетически неустойчивые и находящиеся во взвешенном состоянии благодаря гидродинамическому воздействию родного потока. В состоянии покоя эти взвешенные вещества выпадают в осадок.

Примеси второй группы представляют собой гидрофобные и гидрофильные органические и минеральные коллоидные частицы, вымытые водой из грунтов и почв, а также нерастворимые и недиссоциированные формы

гумусовых веществ, детергенты и вирусы, которые по своим размерам близки к коллоидным примесям.

Примеси третьей группы – это молекулярно растворимые вещества (органические соединения, растворимые газы и т.п.).

Примеси четвертой группы представляют собой вещества, диссоциированные на ионы. В результате процесса гидратации кристаллическая структура этих веществ разрушается. Устойчивость образующихся гидроксидов металлов прямо пропорциональна их заряду и обратно пропорциональна радиусу.

Концентрация отдельных примесей в воде определяет ее свойства, т.е. качество воды. Различают показатели качества воды: физические (температура, взвешенные вещества, цветность, запах, вкус и др.), химические (жесткость, щелочность, активная реакция, окисляемость, минерализация и др.), биологические (гидробионты), паразитические и микробиологические.

Для определения качества воды производят физические, химические, бактериологические, биологические и технологические анализы в наиболее характерные для данного водоисточника периоды года. Порядок отбора проб и оценка качества воды регламентированы. Для получения надежных данных по качеству воды источника необходимо: не менее двух анализов проб, взятых с интервалом в сутки, — для артезианских вод, предусматривая их предварительную откачку в течение суток; не менее четырех анализов по сезонам года — для подземных вод, лишенных водоупорной кровли и вскрываемых колодцами, а для ключевой воды необходим еще анализ воды, отобранной после сильного дождя; не менее четырех анализов проб воды по сезонам года (весенний и осенний паводки, межень и ледостав) — для поверхностных источников, а для устьев рек, впадающих в море, — еще во время нагона воды с моря; не менее четырех проб воды по сезонам года, и дополнительно после длительного волнения — для озер и водохранилищ.

Температура воды в водоеме является результатом нескольких одновременно протекающих процессов, таких, как солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентным перемешиванием вод и др. Обычно прогревание воды происходит сверху вниз. Годовые и суточные изменения температуры воды на поверхности и глубинах определяются количеством тепла, поступающего на поверхность, а также интенсивностью и глубиной перемешивания. Суточные колебания температуры могут составлять несколько градусов и обычно наблюдаются на небольшой глубине. Температура воды поверхностных источников существенно меняется по сезонам года (от 0,1 до 30°C) и зависит от поступления в них подземных вод, а также сбросов использованной охлаждающей воды.

В требованиях к качеству воды водоемов, используемых для купания, спорта и отдыха, указано, что летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет. В водоемах рыбохозяйственного назначения допускается повышение температуры воды в результате спуска сточных вод не более, чем на 5 °С по сравнению с естественной температурой.

Температура воды подземных источников характеризуется постоянством (8 – 12°C), при этом с возрастанием глубины залегания вод сезонные колебания температуры уменьшаются. Оптимальная температура воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения 7 – 11°C.

Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 л), исключение составляют воды нефтяных месторождений и грунтовые воды, питающиеся за счет болот. Горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2 – 3 мг O₂/л, равнинные реки – 5 – 12 мг O₂/л, реки с болотным питанием – несколько десятков миллиграммов на 1 л.

Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность (табл. 4.7)

Таблица 4.7

Физико-географическая зональность природных вод

Окисляемость	мг О/л	Зона
Очень малая	0-2	Высокогорье
Малая	2-5	Горные районы
Средняя	5—10	Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра
Повышенная	15-20	Северная и южная тайга

Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется, с одной стороны, гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением органических веществ водосбора, с другой — гидробиологическим режимом.

В водоемах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять перманганатную окисляемость; в более загрязненных водах определяют, как правило, бихроматную окисляемость (ХПК).

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения величина ХПК не должна превышать 15,0 мгО₂/л; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О₂/л. Перманганатная окисляемость питьевой воды не должна превышать 5,0 мг О₂/л.

В программах мониторинга ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем (табл. 4.8) применяют для характеристики

состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, степени их очистки), а также поверхностного стока.

Таблица 4.8

Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	ХПК, мг О/л
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень грязные	>15

Биохимическое потребление кислорода (БПК). Степень загрязнения воды органическими соединениями определяют как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях. Биохимическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся («биологически мягким») веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются «биологически жесткие» вещества, такие как гидрохинон, сульфенол, неионогенные ПАВ и др. [47]

В лабораторных условиях наряду с БПК_п (полного БПК) определяется БПК₅ – биохимическая потребность в кислороде за 5 суток.

В поверхностных водах величины БПК₅ изменяются обычно в пределах 0,5–4 мг О₂/л и подвержены сезонным и суточным колебаниям.

Сезонные колебания зависят в основном от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2–3 при повышении температуры на 10 °С. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой

кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Весьма значительны изменения величин БПК₅ в зависимости от степени загрязненности водоемов (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Величины БПК₅ в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	БПК ₅ , мг O ₂ /л
Очень чистые	0,5–1,0
Чистые	1,1–1,9
Умеренно загрязненные	2,0–2,9
Загрязненные	3,0–3,9
Грязные	4,0–10,0
Очень грязные	10,0

Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, БПК₅ составляет обычно около 70 % БПК_п. [47]

Определение БПК₅ в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Необходимо использовать величины БПК₅ при контроле эффективности работы очистных сооружений.

В зависимости от категории водоема величина БПК₅ регламентируется следующим образом: не более 2 мг O₂/л для водоемов питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и не более 4 мг O₂/л для водоемов рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест. Для морей (I-й и II-й категорий рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде (БПК₅) при температуре 20°C не должна превышать 2 мг O₂/л. [47]

Полным биохимическим потреблением кислорода (БПК_п) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до

начала процессов нитрификации. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют БПК₂₀ (биохимическая потребность кислорода за 20 суток), считая, что эта величина близка к БПК_n.

Полная биологическая потребность в кислороде БПК_n, для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения (I-й и II-й категорий) при температуре 20 °С не должна превышать 3 мг О₂/л.

- *Азотсодержащие вещества* (ионы аммония, нитратные и нитритные) образуются в воде в результате восстановления нитритов и нитратов железом (II), сероводородом, гумусовыми веществами и т.п. либо разложения белковых соединений, вносимых в водоем со сточными водами. В последнем случае вода опасна в санитарном отношении. В артезианских водах содержание нитратов достигает десятых долей мг/л, а в поверхностных содержание нитратов — до тысячных долей мг/л. Наличие в питьевой воде более 45 мг/л нитратов приводит к нарушению окислительной функции крови, известной под названием метгемоглобинемии, способствует образованию злокачественных опухолей, поэтому по ГОСТ 2874 — 82 содержание нитратов в питьевой воде не должно превышать 45 мг/л.

- *Растворенные в воде газы* — кислород, углекислота, сероводород, метан, азот имеют — значение для оценки ее качества. Так, углекислота, сероводород, кислород при определенных условиях коррозионные свойства по отношению к металлам и бетонам.

- *Углекислота* содержится во всех природных водах от нескольких мг/л (поверхностные воды) до сотен мг/л (подземные воды). В зависимости от рН воды углекислота присутствует в пей в виде свободной углекислоты, представляющей собой растворенный в воде газ СО₂, полусвязанной углекислоты, т.е. в виде бикарбонатов—ионов НСО₃⁻, и связанной углекислоты, т. е. в виде карбонат—ионов СО₃²⁻ (рис. 4.3).

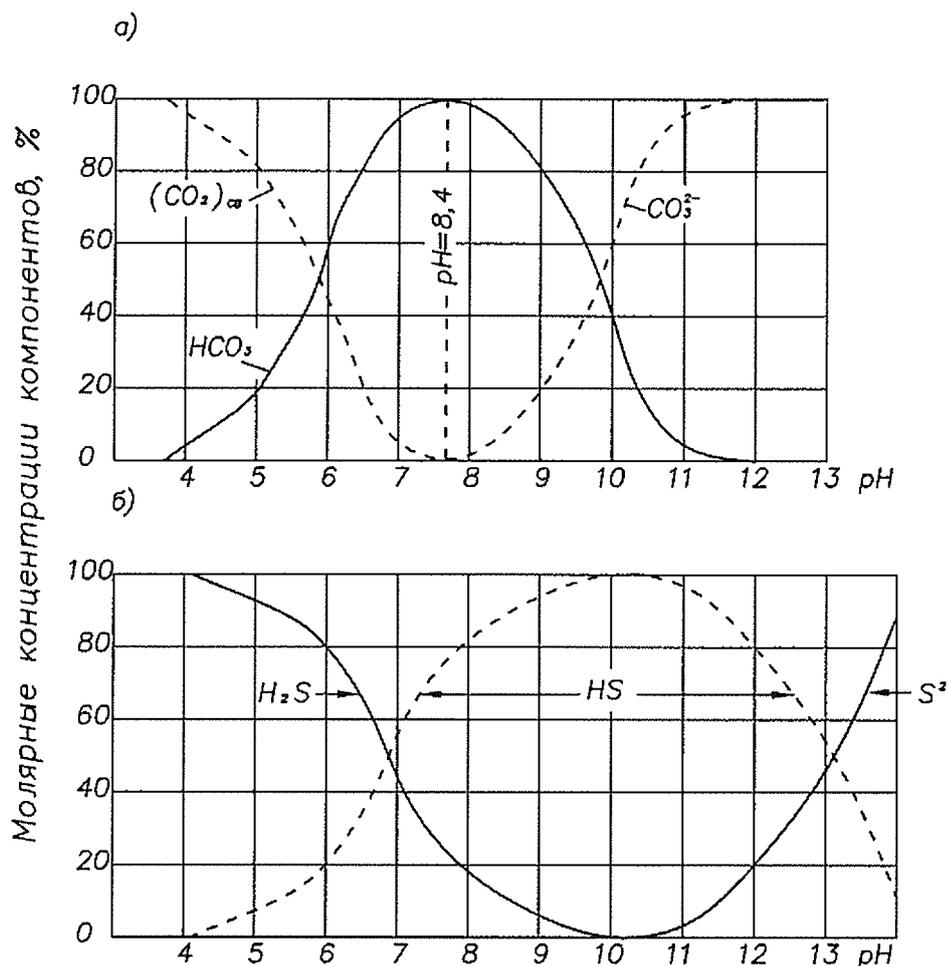


Рис. 4.3. Диаграммы форм уголекислоты: (а) и сероводорода (б) в зависимости от рН исходной среды

- *Сероводород* в природных водах встречается органического (продукт распада органических соединений) и неорганического (растворение минеральных солей — серного колчедана, гипса и др.) происхождений. Сероводород в поверхностных водах присутствует в придонных слоях в незначительных количествах. В подземных водах его содержание составляет до нескольких десятков мг/л.

Наличие сероводорода в воде придает ей неприятный запах, способствует коррозии металла и может вызвать зарастание трубопроводов в результате интенсивного развития серобактерий. Как видно из рис. 4.3,б. сероводород в зависимости от рН воды может быть в виде слабодиссоциированной кислоты —

H_2S , гидросульфидных — HS или сульфидных — S^{2-} ионов. Эти зависимости имеют важное значение при решении задачи удаления сероводорода из воды.

- *Кислород* попадает в воду при ее контакте с воздухом. В артезианских водах кислород отсутствует, а в поверхностных его концентрации довольно велики. В поверхностных водах содержание кислорода меньше теоретического за счет «дыхания» различных организмов, брожения, гниения органических остатков и т.п. Резкое снижение содержания кислорода в воде указывает на ее загрязнение. Растворенный в воде кислород интенсифицирует коррозию металла, поэтому в питательной воде теплоэнергетических установок наличие кислорода строго ограничено.

- *Азот* в природные воды поступает из воздуха, при разложении органических остатков, а также в восстановлении соединений азота денитрофицирующими бактериями. Образующийся в воде в процессе гниения растений аммиак существенно влияет на технологию хлорирования воды.

- *Метан* присутствует в природных водах, используемых для водоснабжения, как правило, в незначительных количествах. Однако в болотных водах, где в больших объемах протекают процессы разложения клетчатки растительных остатков, содержание метана достигает до 30 мг/л и более.

- *Железо и марганец* присутствуют в природных водах в формах, зависящих от величины pH, окисляемости и содержания кислорода. Так, железо может находиться в форме двух- и трехвалентных ионов, органических и неорганических коллоидов, комплексных соединений, в форме тонкодисперсной взвеси, сульфида железа, гидроксида железа (II). В подземных водах при отсутствии кислорода железо и марганец встречаются обычно в форме двухвалентных солей. В поверхностных водах железо и марганец встречаются в виде органических комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсных взвесей. Обычно содержание железа и марганца в природных водах не превышает нескольких десятков мг/л, а в

шахтных водах достигает нескольких сотен мг/л и более. Длительное употребление человеком воды с повышенным содержанием железа может привести к заболеванию печени (гемосидерит), увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма. Такая вода неприятна на вкус, причиняет неудобства в быту, избыток марганца вызывает окраску и вяжущий привкус, а также заболевание костной системы, поэтому содержание железа в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л, а марганца — 0,1 мг/л.

Присутствие в воде железа и марганца может способствовать развитию в трубах и теплообменных аппаратах железистых и марганцевых бактерий, продукты жизнедеятельности которых вызывают уменьшение сечения, а иногда их полную закупорку. Содержание железа и марганца строго ограничено в воде, используемой при производстве пластмасс, кино- и фотопленки и бумаги, в текстильной, пищевой промышленности и т.п.

- *Стронций* в концентрации свыше 7 мг/л вызывает урвскую болезнь, рахит, ломкость костей.
- *Кадмий* в питьевой воде при содержании свыше 0,001 мг/л вызывает болезнь «Итай-итай».
- При избытке *ртути* в питьевой воде (свыше 0,0005 мг/л) возникает болезнь Минамата.
- *Цинк* в концентрациях свыше 5,0 мг/л угнетает окислительные процессы в организме, вызывает анемию.
- *Медь* в питьевой воде в концентрации свыше 1 мг/л вызывает заболевание печени, гепатит и анемию.
- *Молибден* при содержании в питьевой воде свыше 0,25 мг/л вызывает подагру и молибденовую болезнь.
- *Мышьяк*. В природные воды поступает из минеральных источников, районов мышьяковистого оруднения, а также из зон окисления пород полиметаллических, медно-кобальтовых и вольфрамовых руд. Некоторое

количество мышьяка поступает из почв, а также в результате разложения растительных и животных организмов. Потребление мышьяка водными организмами является одной из причин понижения его концентрации в воде, наиболее отчетливо проявляющегося в период интенсивного развития планктона.

Значительные количества мышьяка поступают в водные объекты со сточными водами обогатительных фабрик, отходами производства красителей, кожевенных заводов и предприятий, производящих пестициды, а также с сельскохозяйственных угодий, на которых применяются пестициды.

В природных водах соединения мышьяка находятся в растворенном и взвешенном состоянии, соотношение между которыми определяется химическим составом воды и значениями рН.

В растворенной форме мышьяк встречается в трех- и пентавалентной форме, главным образом в виде анионов.

В речных незагрязненных водах мышьяк находится обычно в микрограммовых концентрациях. В минеральных водах его концентрация может достигать нескольких миллиграммов в 1 л, в морских водах в среднем содержится 3 мкг/дм³, в подземных — встречается в концентрациях $n \cdot 10^5$ мкг/дм³. Соединения мышьяка в повышенных концентрациях являются токсичными для организма животных и человека: они тормозят окислительные процессы, угнетают снабжение кислородом органов и тканей.

[47]

ПДК_в мышьяка составляет 0,05 мг/л (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДК_{вр} — 0,05 мг/л (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).

• *Свинец.* Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных и экзогенных минералов. Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде (в том числе и в поверхностных водах) связано с сжиганием углей, с

применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе, с выносом в водные объекты со сточными водами рудообогатительных фабрик, ряда металлургических заводов, химических производств, шахт и т. д. Существенными факторами снижения концентрации свинца в воде является адсорбция его взвешенными веществами и осаждение в донные отложения. В числе других металлов свинец извлекается и накапливается гидробионтами.

Свинец находится в природных водах в растворенном и взвешенном (сорбированном) состоянии. В растворенной форме встречается в виде минеральных и органоминеральных комплексов, а также простых ионов, в нерастворимой — главным образом в виде сульфидов, сульфатов и карбонатов.

В речных водах концентрация свинца колеблется от десятых долей до нескольких единиц микрограммов в 1 л. Даже в воде водных объектов, прилегающих к районам распространения полиметаллических руд, концентрация его редко достигает несколько десятков миллиграммов в 1 л. Лишь в хлоридных термальных водах концентрация свинца иногда достигает нескольких миллиграммов в 1 л.

Свинец — промышленный яд, способный при неблагоприятных условиях оказаться причиной отравления. В организм человека проникает главным образом через органы дыхания и пищеварения. Удаляется из организма очень медленно, вследствие чего накапливается в костях, печени и почках.

ПДК_с свинца составляет 0,03 мг/л (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДК_{гр} — 0,01 мг/л (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).

• *Соединения кремния* встречаются в природных водах в форме органических и минеральных соединений. Количество кремния в воде поверхностных источников невелико и изменяется от десятых долей до нескольких мг/л, напротив, — в подземных водах оно достигает десятков мг/л. Содержание кремния в питьевой воде не лимитируется, но в питательной воде

котлов высокого давления оно недопустимо из-за возможности образования плотной силикатной накипи.

- *Соединения фосфора* встречаются в природных водах в виде суспендированных частиц минерального и органического происхождения, в виде ионов ортофосфорной кислоты или сложного органического комплекса. В природных водах соединения фосфора присутствуют в малых количествах, но оказывают существенное влияние на водную растительность. Концентрация соединений фосфора в питьевой воде не регламентирована.

- *Фтор* в природных водах содержится до 20 мг/л (артезианские воды) и более. Однако подавляющее большинство источников централизованного водоснабжения в нашей стране характеризуется содержанием фтор-иона до 0,5 мг/л. Фтор является активным в биологическом отношении микроэлементом, содержание которого в питьевой воде во избежание кариеса или флюороза должно быть в пределах 0,7—1,5 мг/л.

- *Бор и бром* являются важными биологическими микроэлементами, содержание которых в питьевой воде не должно превышать соответственно 0,5 и 0,2 мг/л. В подземных водах их концентрации достигают 8—12 мг/л. Бор в питьевой воде в концентрации выше ПДК негативно воздействует на организм человека, ухудшая обмен веществ, и вызывает заболевание печени и желудочно-кишечного тракта. Повышенное содержание брома в питьевой воде влияет на изменение скорости проведения импульса по нервным волокнам, отрицательно сказывается на функции печени и почек, обуславливает снижение калия в крови и увеличивает содержание азота в мочеvine.

- *Иод* в природных водах находится в ничтожно малых количествах. Он является очень важным биологическим микроэлементом, содержание которого в питьевой воде не должно превышать 10^{-8} мг/л во избежание эндемического зоба.

- *Хром*. В поверхностные воды соединения трех- и шести валентного хрома попадают в результате выщелачивания из минералов. Некоторое

количество поступает из почв, в процессе разложения организмов и растений. Значительные дозы могут поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности. Понижение концентрации ионов хрома может наблюдаться в результате потребления их водными организмами и процессов адсорбции. Взвешенные соединения хрома представляют собой в основном сорбированные соединения хрома. Сорбентами могут быть глины, гидроксид железа, высокодисперсный оседающий карбонат кальция, остатки растительных и животных организмов. В растворенной форме хром может находиться в виде хроматов и бихроматов. При аэробных условиях Cr(VI) переходит в Cr(III), соли которого в нейтральной и щелочной средах гидролизуются с выделением гидроксида.

В речных незагрязненных и слабозагрязненных водах содержание хрома колеблется от нескольких десятых долей микрограмма до нескольких микрограммов в 1 л.

В загрязненных водоемах оно достигает нескольких десятков и сотен микрограммов в 1 л. Средняя концентрация в морских водах — 0,05, в подземных водах — обычно $n \cdot 10$ — л · 10² мкг/л.

Соединения Cr(VI) и Cr(III) в повышенных количествах обладают канцерогенными свойствами. Соединения Cr(VI) является более опасными.

ПДК_с для Cr(VI) 0,05, для Cr(III) — 0,5 мг/л (лимитирующий показатель вредности для Cr(VI) — 0,001, для Cr(III) — 0,005 мг/л показатель вредности — токсикологический).

• *Висмут.* Естественными источниками поступления висмута в природные воды являются процессы выщелачивания висмутсодержащих минералов. Источником поступления в природные водные объекты могут быть также сточные воды фармацевтических и парфюмерных производств, ряда предприятий стекольной промышленности.

В незагрязненных поверхностных водах висмут содержится в субмикrogramмовых концентрациях. Наиболее высокая концентрация обнаружена в подземных водах и составляет 20, в морских водах — 0,02 мг/л³.

ПДК, висмута составляет 0,1 мг/л (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический).

- *Ванадий* находится преимущественно в рассеянном состоянии и обнаруживается в железных рудах, нефти, асфальтах, битумах, горючих сланцах, углях и др. Главный источник загрязнения природных вод ванадием — нефть и продукты ее переработки.

В природных водах ванадий встречается в крайне малой концентрации: в воде рек 0,2—4,5, в морской воде — в среднем 2 мг/л.

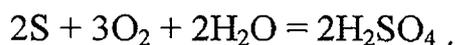
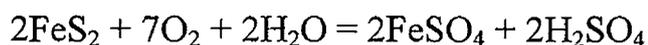
В воде образует устойчивые анионные комплексы $(V_4O_p)^{4-}$ и $(V_{10}O_{26})^{6-}$. В миграции ванадия существенна роль его растворенных комплексных соединений с органическими веществами, особенно с гумусовыми кислотами.

Повышенные концентрации ванадия вредны для здоровья человека.

ПДК_в ванадия составляет 0,1 мг/л (лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический), ПДК_{вр} — 0,001 мг/л (лимитирующий показатель вредности — токсикологический).

- *Сульфаты.* Сульфаты присутствуют практически во всех поверхностных водах и являются одними из важнейших анионов.

Главным источником сульфатов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы:



Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения и с подземным стоком.

В больших количествах сульфаты содержатся в шахтных водах и в промышленных стоках производств, в которых используется серная кислота, например окисление пирита. Сульфаты выносятся также со сточными водами коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства.

Концентрация сульфатов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям и обычно коррелирует с изменением общей минерализации воды. Важнейшим фактором, определяющим режим сульфатов, являются меняющиеся соотношения между поверхностным и подземным стоками. Заметное влияние оказывают окислительно-восстановительные процессы, биологическая обстановка в водном объекте и хозяйственная деятельность человека.

Концентрация сульфата в природной воде изменяется в широких пределах. В речных водах и в водах пресных озер содержание сульфатов часто колеблется от 5—10 до 60 мг/л, в дождевых водах — от 1 до 10 мг/л. В подземных водах содержание сульфатов нередко достигает значительно больших величин.

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека. Поскольку сульфат обладает слабительными свойствами, его предельно допустимая концентрация строго регламентируется нормативными актами. Весьма жесткие требования по содержанию сульфатов предъявляются к водам, питающим паросиловые установки, поскольку сульфаты в присутствии кальция образуют прочную накипь. Вкусовой порог сульфата магния лежит от 400 до 600, для сульфата кальция — от 250 до 800 мг/л. Наличие сульфата в промышленной и питьевой воде может быть как полезным, так и вредным.

ПДК, сульфатов составляет 500 мг/л, ПДК — 100 мг/л.

- *Хлориды.* В речных водах и водах пресных озер содержание хлоридов колеблется от нескольких долей миллиграмма до нескольких сотен, а иногда и нескольких тысяч миллиграммов на 1 л. В морских и подземных водах

содержание хлоридов значительно выше — вплоть до пересыщенных растворов и рассолов.

Хлориды — преобладающие анионы в высокоминерализованных водах. Концентрация хлоридов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды.

Первичными источниками хлоридов являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (содалит, хлорапатит и др.), соленосные отложения, в основном галит. Значительные количества хлоридов поступают в воду в результате обмена с океаном через атмосферу, посредством взаимодействия атмосферных осадков с почвами, особенно засоленными, а также при вулканических выбросах. Возрастающее значение приобретают промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды.

Повышенные концентрации хлоридов ухудшают вкусовые качества воды, делают ее малопригодной для питьевого водоснабжения и ограничивают применение в ряде технических и хозяйственных целей, а также для орошения сельскохозяйственных угодий. Если в питьевой воде есть ионы натрия, то концентрация хлорида выше 250 мг/л придаст воде соленый вкус. Концентрация хлоридов и ее колебания, в том числе суточные, могут служить одним из критериев загрязненности водоема хозяйственно-бытовыми стоками.

Отсутствуют данные о том, что высокие концентрации хлоридов оказывают вредное влияние на человека. ПДК составляет 350 мг/л, ПДК — 300 мг/л.

Минерализация -- Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ; обычно выражается в мг/л (до 1000 мг/л) и ‰ (промилле или тысячная доля при минерализации более 1000 мг/л).

Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство рек имеет

минерализацию воды от нескольких десятков в 1 л до нескольких сотен миллиграммов. Их удельная электропроводность варьирует от 30 до 1500 мк/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется от 40–50 мг/л до 650 г/кг (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/л) составляет 20–120 мкСм/см.

Многие промышленные производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения предъявляют определенные требования к качеству вод (в частности, к минерализации), так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв.

В табл. 4.10 приведена классификация природных вод по минерализации.

Таблица 4.10

Классификация природных вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/л
Ультрапресные	<0,2
Пресные	0,2-0,5
Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5-1,0
Солоноватые	1,0-3,0
Соленые	3-10
Воды повышенной солености	10-35
Рассолы	>35

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/л. По согласованию с органами санэпиднадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из артезианских скважин), допускается увеличение минерализации до 1500 мг/л.

Углеводороды (нефтепродукты). Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды.

Большие количества нефтепродуктов поступают в поверхностные воды при перевозке нефти водным путем, со сточными водами предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами. Некоторое количество углеводородов поступает в воду в результате прижизненных выделений растительными и животными организмами, а также и результате их посмертного разложения.

В результате протекающих в водоеме процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления концентрация нефтепродуктов может существенно снижаться, при этом значительным изменениям может подвергаться их химический состав.

Нефтепродукты находятся в различных миграционных формах: растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности воды. Обычно в момент поступления основная масса нефтепродуктов сосредоточена в пленке. По мере удаления от источника загрязнения происходит перераспределение между основными формами миграции, направленное в сторону повышения доли растворенных, эмульгированных, сорбированных нефтепродуктов. Количественное соотношение этих форм определяется комплексом факторов, важнейшими из которых являются условия поступления нефтепродуктов в водный объект, расстояние от места сброса, скорость течения и перемешивания водных масс, характер и степень загрязненности природных вод, а также состав нефтепродуктов, их вязкость, растворимость, плотность, температура кипения компонентов. При санитарно-химическом контроле определяют, как правило, сумму растворенных, эмульгированных и сорбированных форм нефти.

Содержание нефтепродуктов в речных, озерных, морских, подземных водах и атмосферных осадках колеблется в довольно широких пределах и обычно составляет сотые и десятые доли мг/дм³.

В незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводородов может колебаться в морских водах от 0,01 до 0,10 мг/дм³ и выше, в речных и озерных водах от 0,01 до 0,20 мг/дм³, достигая 1—1,5 мг/дм³. Содержание естественных углеводородов определяется трофическим статусом водоема и в значительной мере зависит от биологической ситуации в водном объекте.

Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организме человека, животном мире водной растительности, физическом, химическом и биологическом состоянии водоема. Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные алифатические, нафтеновые и особенно ароматические углеводороды оказывают токсическое и в некоторой степени наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы. Наибольшую опасность представляют полициклические конденсированные углеводороды типа 3,4-бенз(я)пирена, обладающие канцерогенными свойствами. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов, вызывая заболевания и гибель.

Отрицательное влияние нефтепродуктов, особенно в концентрациях 0,001-10 мг/дм³ и присутствие их в виде пленки сказывается на развитии высшей водной растительности и микрофитов.

В присутствии нефтепродуктов вода меняет цвет, рН приобретает специфический вкус и запах, ухудшается газообмен с атмосферой.

ПДК_с нефтепродуктов составляет 0,1 мг/дм³ (лимитирующий показатель вредности — органолептический), ПДК_в — 0,05 мг/дм³ (лимитирующий показатель вредности — рыбохозяйственный). Присутствие канцерогенных углеводородов в воде недопустимо. [47]

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей α - и β -активности, представленным в табл. 4.11. [30]

Таблица 4.11

Показатели радиоактивной безопасности

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатель вредности
Общая α -радиоактивность	Бк/л	0,1	радиаци.
Общая β -радиоактивность	Бк/л	1,0	-- "

4.5. Водно-экологические проблемы использования водных ресурсов отраслями экономики Российской Федерации

Использование водных ресурсов и развитие водохозяйственного комплекса приобретают особенно важное в условиях негативного воздействия на водные объекты [51].

Водохозяйственный комплекс России – это совокупность отраслей экономики, природных и искусственных водных объектов, представленных десятками тысяч гидротехнических объектов (ГТС). Основу водохозяйственного комплекса составляют системы регулирования и территориального перераспределения стока, водохозяйственные системы отраслевого назначения, защитные сооружения от вредного воздействия вод. Защита городов, населенных пунктов, объектов хозяйственной деятельности и сельхозугодий, помимо регулирующих емкостей, осуществляется 10 тыс. км защитных инженерных сооружений.

Масштабы водного хозяйства России характеризуются наличием 2290 средних и крупных водохранилищ суммарным объемом примерно 800 км³ (полезный объем около 350 км³), из которых 790 км³ приходится на сотню водохранилищ объемом более 100 млн м³. Дополнительно около 30 тыс. малых

водохранилищ и прудов решают хозяйственные задачи местного значения. Значительная часть производственных фондов приходится на водохозяйственные системы, связанные с регулированием стока и его территориальным перераспределением. Магистральные каналы для территориального перераспределения стока имеют производительность до 17 км³ стока в год.

Общий объем забора (изъятия) водных ресурсов из природных водных объектов в Российской Федерации составляет 80 км³ в год.

В экономике ежегодно используется около 62,5 км³ воды.

Свыше 90 процентов общего объема использования водных ресурсов приходится на тепловую и атомную энергетику (37 %), агропромышленный комплекс (24 %), а также жилищно-коммунальное хозяйство (18 %), добывающую и обрабатывающую промышленность (12 %).

Функционирующий водохозяйственный комплекс в целом эффективно обеспечивает текущие водоресурсные потребности Российской Федерации. Вместе с тем экономика страны в будущем потребует увеличения гарантированного объема водных ресурсов соответствующего качества, предназначенных для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, а также для использования в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике и в рекреационных целях.

Для обеспечения определенных Концепцией социально-экономического развития темпов развития страны в ходе реализации основных положений настоящей Стратегии предстоит обеспечить комплексное решение ряда проблем, основными из которых являются:

- нерациональное использование водных ресурсов;
- наличие в отдельных регионах Российской Федерации дефицита водных ресурсов;

- несоответствие качества питьевой воды, потребляемой значительной частью населения, гигиеническим нормативам, а также ограниченный уровень доступа населения к централизованным системам водоснабжения.

Основными факторами нерационального использования водных ресурсов являются:

- применение устаревших водоемких производственных технологий;
- высокий уровень потерь воды при транспортировке;
- недостаточная степень оснащённости 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.

Объем потерь воды при транспортировке в Российской Федерации составляет до 8 км³ в год.

Свыше 4,8 км³ воды в год теряется в орошаемом земледелии из-за низкого технического уровня и значительной степени износа мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, около 3 км³ в год, или более 20 процентов общего объема поданной в водопроводную сеть воды, теряется в системах централизованного водоснабжения из-за их неудовлетворительного технического состояния.

Проблемами использования подземных вод являются:

- низкая степень освоения запасов подземных вод (в среднем по стране не превышает 33 %);
- неиспользование около половины числящихся на государственном учете разведанных и оцененных месторождений пресных подземных вод;
- добыча значительной доли подземных вод на участках недр, не имеющих утвержденных запасов подземных вод;

- истощение месторождений подземных вод вследствие нарушений режима их использования, а также бесконтрольной добычи на нераспределенном фонде недр.

Дефицит водных ресурсов в отдельных регионах страны возникает в основном в маловодные периоды. Возникновение дефицита обусловлено следующими причинами:

- неравномерностью распределения водных ресурсов по территории Российской Федерации;

- ограниченностью регулирующих возможностей водохранилищ для удовлетворения ресурсной потребности населения, промышленности, сельского хозяйства, рыбного хозяйства, внутреннего водного транспорта;

- недостаточной комплексностью использования водных ресурсов на отдельных водохозяйственных участках.

Дефицит водных ресурсов для обеспечения нужд питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, складывающийся в периоды малой водности в Республике Калмыкия, Белгородской и Курской областях, Ставропольском крае, отдельных районах Южного Урала и юга Сибири, а также для обеспечения сельскохозяйственных нужд на территории Саратовской, Астраханской, отдельных частях Волгоградской и Оренбургской областей, на Северном Кавказе может быть устранен или в значительной мере смягчен сокращением потерь воды в системах водоснабжения и мелиоративных сетях, переходом на водосберегающие технологии полива.

В ряде случаев возникновение дефицита обусловлено некомплексным использованием водных ресурсов. Сложный узел проблем возник в низовьях р. Волги, где требуется системное переустройство водохозяйственного комплекса для оптимизации использования водных ресурсов в целях водоснабжения населения, сельскохозяйственного производства, рыбного хозяйства, сокращения холостых сбросов и потерь выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях Волжско-Камского каскада, а также сохранения

уникальной экосистемы Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги. Сложная водохозяйственная ситуация периодически складывается также в бассейнах рек Кубани и Терека.

Услугами централизованного водоснабжения в Российской Федерации пользуются около 109 млн человек, или до 75 % общей численности населения страны. В крупных и средних городах услугами централизованного водоснабжения пользуется почти все население, в малых городах, поселках городского типа и сельских населенных пунктах этот показатель не превышает 60 %. По уровню доступа населения к системам централизованного водоснабжения Российская Федерация уступает развитым странам, в которых этот показатель составляет 90 – 95 % и более.

Из общего объема воды, подаваемой в централизованные системы водоснабжения населенных пунктов, через системы водоподготовки пропускается не более 59 %, в сельских населенных пунктах этот показатель не превышает 20 %. Около 27 % водозаборов из поверхностных источников водоснабжения не имеют необходимого комплекса очистных сооружений, в том числе 16 % не оснащены обеззараживающими установками.

Каждый второй житель Российской Федерации вынужден использовать для питьевых целей воду, не соответствующую по ряду показателей установленным нормативам, почти треть населения страны пользуется источниками водоснабжения без соответствующей водоподготовки, население ряда регионов страдает от недостатка питьевой воды и отсутствия связанных с этим надлежащих санитарно-бытовых условий проживания.

Некачественную по санитарно-химическим и микробиологическим показателям питьевую воду потребляет часть населения в Республике Ингушетия, Республике Калмыкия, Республике Карелия, Карачаево-Черкесской Республике, в Приморском крае, в Архангельской, Курганской, Саратовской, Томской и Ярославской областях, в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре и Чукотском автономном округе.

Развитие жилищно-коммунального комплекса, ориентированную на обеспечение гарантированного доступа населения России к качественной питьевой воде, рассматривается как задача общегосударственного масштаба, основные направления решения которой предполагается предусмотреть в государственной программе «Чистая вода».

Качество поверхностных водных ресурсов и подземных вод.

В водные объекты Российской Федерации сбрасывается до 52 км³ в год сточных вод, из которых 19,2 км³ подлежат очистке.

Свыше 72 % сточных вод, подлежащих очистке (13,8 км³), сбрасываются в водные объекты недостаточно очищенными, 17 % (3,4 км³) - загрязненными без очистки и только 11 % (2 км³) - очищенными до установленных нормативов.

Вместе со сточными водами в поверхностные водные объекты Российской Федерации ежегодно поступает около 11 млн тонн загрязняющих веществ.

Основными источниками загрязненных сточных вод являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и агропромышленного комплекса, на долю которых приходится свыше 90 % общего объема сброса загрязненных сточных вод.

Объем сброса загрязненных сточных вод предприятиями жилищно-коммунального хозяйства составляет свыше 60 % общего объема сброса загрязненных сточных вод в Российской Федерации. Причинами этого являются значительный износ очистных сооружений, применение устаревших технологий очистки сточных вод, прием объектами жилищно-коммунального хозяйства загрязненных стоков промышленных предприятий.

На долю промышленности приходится 25 % общего объема сброса загрязненных сточных вод. Основными источниками загрязнения водных объектов являются предприятия, осуществляющие целлюлозно-бумажное, химическое, металлургическое производство, полиграфическую деятельность,

производство кокса, нефтепродуктов, добычу металлических руд, а также предприятия угольной промышленности.

Высокую степень воздействия на водные объекты оказывает рассредоточенный (диффузный) сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, площадей, занятых отвалами и отходами промышленного производства, а также трансграничные загрязнения.

Сложившийся уровень антропогенного загрязнения является одной из основных причин, вызывающих деградацию рек, водохранилищ, озерных систем, накопление в донных отложениях, водной растительности и водных организмах загрязняющих веществ, в том числе токсичных, и ухудшение качества вод поверхностных водных объектов, используемых в качестве источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и являющихся средой обитания водных биологических ресурсов.

Большинство водохозяйственных участков на территории Российской Федерации характеризуются высокой степенью загрязнения водных объектов и низким качеством воды. Наиболее напряженная экологическая ситуация сложилась в бассейнах рек Волги, Оби, Енисея, Амура, Северной Двины и Печоры, загрязнены также поверхностные воды бассейнов рек Дона, Кубани, Терека и рек бассейна Балтийского моря.

На территории Российской Федерации зафиксировано около 6 тыс. участков техногенного загрязнения подземных вод, в основном на территории Приволжского, Сибирского и Центрального федеральных округов. Большинство участков загрязнения подземных вод с I классом опасности загрязняющих веществ («чрезвычайно опасный») выявляется в районах размещения крупных промышленных предприятий.

В целях повышения качества воды в водных объектах, восстановления водных экосистем и рекреационного потенциала водных объектов требуется решить следующие задачи:

сокращение антропогенного воздействия на водные объекты и их водосборные территории;

предотвращение деградации малых рек;

охрана и предотвращение загрязнения подземных водных объектов.

Для сохранения водных экосистем и сокращения объемов сброса загрязненных сточных вод стационарными источниками необходима модернизация очистных сооружений с использованием новейших технологий очистки и оборудования.

Для восстановления и охраны, а также обустройства малых рек в качестве первоочередных мероприятий необходимо сократить антропогенное воздействие рассредоточенного (диффузного) стока, восстановить самоочищающую способность рек, реализовать комплекс мероприятий по экологической реабилитации малых рек в городах и сельских поселениях.

Негативное воздействие вод

Естественные колебания характеристик гидрологического режима водных объектов приводят к возникновению рисков негативного воздействия вод на население и объекты экономики.

Наводнение – значительное затопление местности в результате подъема уровня воды в реке, водохранилище или море, наносящее материальный ущерб экономике, социальной сфере и природной среде.

В зависимости от причин возникновения различают шесть основных причин наводнений:

Половодье – периодически повторяющийся, довольно продолжительный подъем уровня воды в реках, обычно вызываемый весенним таянием снега на равнинах или дождями на равнинных реках, а также весенне-летним таянием снега и ледников на реках, берущих начало в горных районах. Половодье повторяется ежегодно в один и тот же сезон с различной интенсивностью и продолжительностью, в зависимости от метеоусловий.

Паводок – интенсивный сравнительно кратковременный подъём уровня воды в реке, вызываемый обильными дождями, ливнями, иногда быстрым таянием снега при оттепелях. В отличие от половодий, паводки могут повторяться несколько раз в году. Значительный паводок может вызвать паводковое наводнение.

Затор – нагромождение льдин во время весеннего ледохода в сужениях и излучинах русла реки, стесняющее течение и вызывающее на некоторых участках выше него подъем уровня воды. Наводнение в некоторых случаях может быть значительным. Характерно для рек, текущих с юга на север, происходит в конце зимы – начале весны.

Зажор – скопление рыхлого ледового материала во время ледостава в сужениях и излучинах русла реки, вызывающие подъем уровня воды на участках выше по течению. Наводнения из-за зажоров возникают обычно в начале зимы.

Ветровой нагон – подъем уровня воды, вызванный воздействием ветра на водную поверхность и происходящий обычно в устьях крупных рек, а также на наветренном берегу больших озер, водохранилищ и морей. Возможен в любое время года, характеризуется отсутствием периодичности и значительным подъемом воды.

Наводнение при прорыве плотин – интенсивный, значительный подъем воды на реке, вызванный прорывом плотины, дамбы, естественной природной преграды в результате оползней, обвалов горных пород, движения ледников. Случается реже, чем все ранее перечисленные типы наводнений и наиболее часто происходят в горных районах. В редких случаях причинами таких наводнений могут быть землетрясения или извержения вулканов. Они наблюдаются в районах активной сейсмической деятельности.

В пределах России и Казахстана преобладают наводнения первых двух типов (70 – 80 %). Они широко распространены на равнинных и горных реках большей части территории этих стран.

Российская Федерация является страной умеренных гидрологических рисков (негативному воздействию вод подвержено менее 2,5 % территории Российской Федерации), площадь паводкоопасных территорий составляет около 400 тыс. км², из которых ежегодно затапливаются до 50 тыс. км². Затоплению подвержены отдельные территории 746 городов, в том числе более 40 крупных, тысячи населенных пунктов с населением около 4,6 млн человек, хозяйственные объекты, более 7 млн га сельскохозяйственных угодий.

Паводкоопасными районами являются Приморский и Хабаровский края, Сахалинская и Амурская области, Забайкалье, Средний и Южный Урал, низовья р. Волги, Северный Кавказ, Западная и Восточная Сибирь.

В течение последних нескольких лет ежегодный ущерб от наводнений составлял около 2 млрд рублей в год. Основными причинами возникновения ущерба от наводнений являются застройка паводкоопасных территорий, в том числе нижних бьефов гидроузлов, недостаточная обеспеченность поселений и объектов экономики сооружениями инженерной защиты, а также несоответствующие современным требованиям заблаговременность и оправдываемость гидрологических прогнозов.

Серьезной проблемой является абразия берегов водохранилищ. В зонах опасного разрушения берегов в России находится 450 населенных пунктов. Основными последствиями разрушения берегов являются выведение из землепользования значительных площадей сельскохозяйственных и лесных угодий, развитие оползневой опасности на застроенных территориях.

Одним из наиболее распространенных проявлений негативного воздействия вод в Российской Федерации, характеризующихся значительным распространением, длительностью и масштабом наносимых экономических потерь, является подтопление селитебных территорий и массивов земель сельскохозяйственного освоения.

Основными причинами возникновения подтопления являются такие техногенные факторы, как повышение уровня грунтовых вод при создании

водохранилищ, утечка воды из технических и коммунально-бытовых сетей, отсутствие ливневой канализации в населенных пунктах, а также бесконтрольное нарушение ландшафта.

Риск наводнений и иного негативного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в будущем в связи с учащением опасных гидрологических явлений в новых климатических условиях и продолжающимся антропогенным освоением территорий, что требует реализации мероприятий по строительству сооружений инженерной защиты и использование принципиально новых подходов в рамках решения задач по защите населения и объектов экономики [53]. Одним из характерных примеров являются наводнения на Дальнем Востоке.

Крупные наводнения на реках Дальнего Востока производят значительную эрозионно-аккумулятивную деятельность и существенно преобразуют их русла и поймы [54]. Во время местных паводков, характеризующихся высокими скоростями течения воды, существенно изменяются морфология и направленность развития речных русел. При этом в долинах рек с широкими поймами нередко формируется особый тип разветвленного русла, приобретающего в конечном итоге исключительно сложное строение с многочисленными рукавами различных размеров. Во время паводков происходит также интенсивное воздействие потока на различные гидротехнические сооружения.

За последние 6 лет (2009-2014 гг.) на Амуре высокие летние паводки отмечались дважды – в 2009 и 2013 гг. Экстремальное наводнение в среднем и нижнем течениях р. Амур и его больших притоков в летне-осенний период 2013 г. (июль – сентябрь) было наиболее крупным за период наблюдений [55]. В результате наводнения произошли значительные морфологические изменения русла с формированием новых кос, отмелей, плесовых углублений, перераспределение стока воды между рукавами.

Наиболее сложный участок разветвленного русла реки Амур расположен в районе г. Хабаровск. Здесь в 2005-2006 гг. были проведены значительные гидротехнические работы по предотвращению нежелательной для хозяйственной деятельности перераспределения стока воды из главного русла в протоки Пемзенская и Бешеная. Положительный эффект этих мероприятий был достигнут, однако русловые процессы в Хабаровском воднотранспортном узле продолжали активно развиваться, вызывая размыв берегов, изменяя глубины, создавая и преобразуя аккумуляторные формы рельефа.

Процессы заносимости участка реки Амур в непосредственной близости от городского водозабора продолжались после строительства полузапруд в протоках Пемзенская и Бешеная, что обусловлено общей направленностью русловых процессов на основном русле реки [56, 57].

Однако, после наводнения 2013 года на этом участке Амура произошли изменения, которые активизировали интенсивность преобразования русловых форм рельефа, в частности размыв русла в его левобережной части.

Хабаровский воднотранспортный узел остается наиболее сложным с точки зрения современной динамики русловых процессов. Это требует проведения дальнейшего мониторинга эрозионно-аккумулятивных процессов на данном участке реки Амур для выявления нежелательных тенденций русловых деформаций. Лишь на основе полученных данных возможно прогнозирование нежелательного проявления процессов и разработка необходимых мероприятий с целью своевременного их предупреждения [58].

4.6. Водно-экологические проблемы Республики Казахстан

Использование водных ресурсов отраслями экономики

К основным группам водопотребителей в Республике Казахстан относятся: сельское хозяйство, промышленность и коммунально-бытовое хозяйство. Общей тенденцией для всех названных групп является уменьшение

объемов используемой воды по сравнению с началом 90-х годов, когда общий забор воды по республике составлял 30-35 км³ в год. В последние годы объем водозабора в республике составляет в среднем 20 км³ в год и имеет тенденцию к увеличению.

Анализ данных Комитета по водным ресурсам РК за 1997- 2002 гг. по использованию водных ресурсов основными группами водопотребителей показывает следующее. Объем забора воды из природных водных объектов составил в 2002 году 20,07 км³, что на 0,11 км³ больше, чем в 2001 году. Увеличение водопотребления связано с увеличением забора воды на коммунально-бытовые нужды и для промышленности. Уменьшение водозабора по сравнению с 2001 годом произошло в Алмаатинской, Павлодарской и Южно-Казахстанской областях соответственно на 296, 104 и 218 млн м³, что связано с уменьшением объемов водопользования в орошаемом земледелии и потребления технической воды на ТЭЦ-1,2 г. Павлодар и Экибастузской ТЭЦ.

Из общего объема водозабора 20,07 км³ забрано: пресной воды из природных водных объектов – 19,3 км³ (поверхностной 18,08 км³ и подземной – 1,18 км³), морской – 0,64 км³. Кроме того, в этот показатель включены объемы использования сточных вод: 0,15 км³ и коллекторно-дренажных 0,03 км³.

Забор воды по направлениям использования составил, км³:

- на производственные нужды – 3,97;
- на хозяйственно-бытовые нужды – 0,87;
- на сельское хозяйство – 14,67;
- рыбное хозяйство и прочие нужды – 0,55.

Фактически использовано по республике – 15,1 км³ воды, в том числе: пресной – 14,3 км³, морской – 0,63 км³, очищенных сточных и коллекторно-дренажных вод – 0,18 км³. По сравнению с предыдущим годом объем использованной пресной воды увеличился на 0,35 км³, т.е. на 3%, а по сравнению с 1991 годом уменьшился на 50%.

Водоотведение по сравнению с 2001 годом увеличилось на 0,90 км³ и составило 5,61 км³. В 2001 году в природные водные объекты сброшено 3,45 км³ сточных, шахтно-рудничных и коллекторно-дренажных вод. В накопители и впадины отведено 0,76 км³ и в подземные горизонты – 1,4 млн. м³.

Объемы воды в системах оборотного водоснабжения увеличились по сравнению с 2001 годом на 0,32 км³ и в целом по республике составили 5,16 км³.

В отличие от водопотребителей (орошаемое земледелие, промышленно-коммунальное и сельскохозяйственное водоснабжение) гидроэнергетика является водопользователем, использующим энергию воды за счет создания напора, путем строительства водоподъемных (водохранилищных) плотин или деривационных гидросооружений. В то же время гидроэлектростанции (ГЭС) используют водные ресурсы рек, не загрязняя их.

Гидропотенциал Республики Казахстан составляет около 170 млрд кВт.ч в год, при этом технологически возможный к использованию – 62 млрд кВт.ч, экономический – 27 млрд кВт.ч, из которых на сегодня используется более 8,8 млрд кВт.ч в год.

Водноэнергетические ресурсы неравномерно распределены по территории Казахстана. Большая часть этих ресурсов сосредоточена в трех регионах:

1. *В Восточном регионе:* бассейн реки Иртыш с притоками Бухтарма, Уба, Ульба, Курчум, Кальджир, Кендерлык, Уйдене.

2. *В Юго-Восточном регионе:* бассейн реки Или с притоками, стекающими с гор Заилийского Алатау (Каскелен, Аксай, Турген, Чилик, Чарын) и в бассейне восточного Балхаша и группы Алакольских озер, питаемых реками, стекающими с Джунгарского Алатау (Коксу, Каратал, Аксу, Лепсы, Тентек).

3. *В Южном регионе:* бассейны рек Сырдарья, Талас и Чу.

Несмотря на значительный гидропотенциал республики, гидроэлектростанции производят только около 15% от общего объема вырабатываемой электроэнергии в Казахстане. В настоящее время в Казахстане

имеется 5 крупных ГЭС общей мощностью 2 154,0 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 7 050,0 млн кВт.ч , а также 68 малых ГЭС с общей установленной мощностью 78 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 360 млн кВт.

В экологическом плане ГЭС оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на окружающую среду.

Положительное воздействие:

- постоянно действующий, возобновляемый источник энергии, который не оказывает вредного воздействия на атмосферу;
- использование водохранилища в качестве рыбохозяйственного водоема;
- использование водохранилища и его прибрежной зоны в качестве мест рекреации и туризма;
- на водохранилище создание предпосылки для мест отдыха и гнездовых перелетных птиц;
- создание водохранилищ избавляет ниже расположенные территории от воздействия разрушительных паводков.

Отрицательное воздействие:

- изменение режима стока рек путем регулирования его в многолетнем и сезонном разрезе, т.е. изменение естественного режима реки;
- создание искусственных препятствий миграции рыбных стад путем строительства водоподъемных и водохранилищных плотин;
- гибель молоди рыб и икры при колебаниях уровня воды в водохранилищах и нижнем бьефе ГЭС;
- изъятие земельных угодий (сельскохозяйственных, лесных, и прочих) при создании водохранилищ;
- подтопление земельных угодий, их заболачивание и изменение флоры в прибрежной зоне при создании водохранилищ;

- переселение населения и вынос инженерных коммуникаций из зоны затопления и подтопления водохранилищ;
- гибель флоры в зоне затопления водохранилищ;
- возможное изменение микроклимата в прибрежной зоне.

Однако отрицательное воздействие присуще крупным ГЭС с водохранилищами. Мелкие ГЭС не имеют этих недостатков и оказывают незначительное воздействие на окружающую среду.

Сегодня необходимо обратить внимание на состояние действующих на реках ГЭС. Обследование существующих гидростанций на реках Иртыш, Или, Сырдарья и других показало, что на них имеются серьезные недостатки и дефекты, вызванные неудовлетворительной эксплуатацией (Шардарьинская, Шульбинская ГЭС и др.) и способные привести к аварийным ситуациям. В частности, Шульбинская ГЭС до настоящего времени не принята в промышленную эксплуатацию в связи с тем, что не закончено ее строительство (отделка здания ГЭС, судоходный шлюз, гидроагрегаты (6 шт.) находятся во временной эксплуатации). Вместе с тем, за счет прибыли, полученной за реализованную электроэнергию, можно было не только завершить строительство, но и построить контррегулятор Шульбинской ГЭС.

Шардарьинская ГЭС, введенная в эксплуатацию в 1967 году, хотя и находится в собственности государства, но состояние ее гидросооружений и оборудования находится в предаварийном состоянии:

- оборудование изношено за период эксплуатации и требует замены;
- через плотину проходит усиленная фильтрация (грифоны);
- пропускная способность Кызылкумского регулятора уменьшилась с 200 м³/с до 90 м³/с, при пропуске повышенных расходов наблюдается вибрация затворов.

Проблемы водообеспечения.

Редукция водно-ресурсного потенциала речных бассейнов

На всей территории страны сложилась напряженная водохозяйственная обстановка, вызванная недостатком водных ресурсов и загрязнением водных источников, которые достигли наибольших значений в период экстенсивного развития промышленности. Рост антропогенной нагрузки, превышающей способность водных экосистем к самовосстановлению, привел к экологическому неблагополучию всех основных речных бассейнов страны [19, 59, 60].

Существующий дефицит водных ресурсов невозможно сократить одними только водосберегающими мероприятиями на уровне существующих хозяйствующих структур. Для этого требуются принципиальные преобразования в базовых отраслях экономики, главным образом, в орошаемом земледелии, и усиление межгосударственной кооперации.

Урало-Каспийский бассейн относится к числу островодефицитных. Размещение и развитие здесь хозяйственных отраслей осуществлялось исходя из имеющихся сырьевых ресурсов и потребностей экономики региона и страны в целом, но без должного учета водного фактора. В результате в этом регионе сложилась такая ситуация, когда потребности в воде значительно превышают фактические возможности их удовлетворения, особенно в маловодные годы. Дефицит пресной воды усугубляется постоянно растущими ее потребностями для бурно развивающейся здесь отрасли нефтедобычи, а также в связи с интенсивным загрязнением вод бассейна Урала. Для обеспечения дальнейшего развития региона необходимо разрешение проблемы вододефицита. Одним из путей его преодоления может стать рассмотрение совместно с Российской Федерацией возможности переброски части стока р. Волга в р. Урал.

Ишимский, Нура-Сарысуский и Тобол-Тургайский бассейны отличаются относительно небольшим объемом стока и его неравномерностью в течение года: 90 % стока проходит в 1-2 весенних месяцев.

Острый недостаток водных ресурсов является препятствием для развития добывающей промышленности, которая имеет исключительно важное значение для страны. Здесь производится 76% электроэнергии, добывается 98% угля, 99% железной руды, значительная доля меди. Регион, кроме угля, железа и меди, имеет большие запасы марганцевых и свинцово-цинковых руд, вольфрама, молибдена, бокситов, асбеста, сырья для развития химической промышленности и др.

Потенциальные возможности развития сырьевого сектора определяют необходимость привлечения сюда водных ресурсов из сопредельных речных бассейнов. Таким источником для этого региона является река Иртыш. Для подачи из него воды в Центральный Казахстан построен канал «Иртыш - Караганда» (ныне канал имени Сатпаева), однако его пропускная способность в последние годы из-за плохого технического состояния, неурегулированности экономических отношений с водопользователями и энергосектором снизилась до 30%. В перспективе обеспечение водой этого региона возможно за счет увеличения пропускной способности этого канала.

Бассейн реки Иртыш, несмотря на его высокую водность, также испытывает недостаток воды и его водохозяйственный баланс очень напряженный. Кроме того, бассейн реки подвержен сильному промышленному загрязнению.

Бассейн реки Иртыш включает территории Китайской Народной Республики, Республики Казахстан и Российской Федерации, каждое из которых в части использования вод этого бассейна имеет свои интересы.

При рассмотрении путей решения водных проблем Республики Казахстан в бассейне р. Иртыш необходимо иметь в виду важность заключения двух, а затем и трехсторонних долгосрочных межгосударственных соглашений с указанными выше сопредельными государствами по совместному использованию трансграничных вод. В них должны быть отражены вопросы предотвращения загрязнения вод, меры по сохранению качества передаваемого

стока реки на границе государств, определены предельные объемы изъятия стока без нанесения взаимного ущерба.

Балхаш-Алакольский бассейн. Бассейн озера Балхаш площадью 500 тыс. км² в ближайшее время может стать еще одним районом экологического бедствия. Это связано, в основном, с обмелением озера, что приводит к отрицательным изменениям окружающей среды и ухудшением условий жизни населения региона. Причиной указанных изменений является сокращение притока воды в озеро, вызванное возведением плотины Капшагайской ГЭС на реке Или, бесконтрольного использования водных ресурсов впадающих в него рек Каратал, Аксу, Лепсы и других. К примеру, река Аягуз, до середины 50-х годов дававшая воду озеру, теперь практически не доходит до него.

В результате дельтовая часть речных экосистем теряет природноресурсный потенциал, резко сократилась численность обитающей в ней фауны. Нанесен урон и животноводству: в результате наступления песков в низовьях р. Или были утеряны продуктивные пастбища и сенокосные угодья. Загрязнение вод промышленными выбросами, непродуманная политика акклиматизации в 50-е годы чуждых видов рыб и неконтролируемый лов привели к оскудению рыбных запасов озер.

Предусматриваемые мероприятия по снижению негативных последствий (строительство в нижнем течении гидроузла для регулирования попуска воды в Балхаш, рыбоприемника) на протяжении ряда лет так и не были выполнены [61,62].

Решение проблемы сохранения оз. Балхаш и экосистемы всего бассейна зависит также от осуществления мер по экономии воды, прекращения сброса неочищенных сточных вод промышленности и сельского хозяйства в реку. Водный баланс в бассейне во многом будет определяться урегулированием водных отношений по реке Или с китайской стороной.

Качество питьевой воды и здоровье населения.

Доступ населения к качественной питьевой воде

Доля населения, имеющего стабильный доступ к надежным источникам воды, хотя и остается существенной, постепенно понижается, причем как в городской, так и в сельской местности.

Согласно сложившимся нормативам, объем хозяйственно-питьевого водопотребления республики составляет около 1,7 км³/год. Однако к 1995 году фактический объем водопотребления на эти цели снизился до 1,3 км³/год и последние пять лет сохраняется примерно на одном уровне.

Для водообеспечения населения городов, областных и районных центров, поселков в разные годы было построено более двух тысяч водопроводов. Большинство из них введено в эксплуатацию более 20-25 лет назад. В настоящее время срок службы ряда водопроводов и отдельных их веток истек, а у остальных водопроводов износ труб и сооружений достиг 70 % и более. Это является причиной частых аварий и может способствовать вторичному загрязнению питьевой воды, длительным перебоям в ее подаче, большим утечкам в сети, достигающим в отдельных случаях 30% и более от объема вододопдачи.

Обеспеченность населения городов водопроводами в разных областях составляет от 35 до 85%. В среднем по республике 70-75 % городского населения обеспечивается водопроводной водой, 15-18 % - водой децентрализованных водоисточников, остальная часть населения пользуется привозной водой (более 500 тыс. человек) и водой открытых водоемов.

В ряде городов имеющиеся системы водоснабжения в силу их длительного срока эксплуатации, устаревшей технологии водоочистки не обеспечивают подачу воды нормативного качества. Поэтому многие действующие в республике водопроводы не отвечают санитарным требованиям. В частности, из числа действующих не отвечают санитарным нормам 25,8% водопроводов, а в Жамбылской области этот показатель доходит до 89,7%, в

Павлодарской – до 57,1%, в Восточно-Казахстанской – до 55,8%, в Западно-Казахстанской – до 46%, в Карагандинской – до 36%. Не лучшее положение складывается в городах Астана и Алматы, где соответственно 50% и 31,2% водопроводов не соответствуют санитарным нормам. В результате 50% населения вынуждены употреблять в качестве питьевой, воду, которая не отвечает нормам солености и жесткости, 5% населения употребляют воду, не соответствующую санитарно-гигиеническим нормам.

Серьезная проблема существует с обеспечением питьевой водой сельского населения. Общая протяженность построенных групповых водопроводов к началу 90-х годов достигала 17,1 тыс. км, ими обеспечивалось 1276 сельских поселков. Все крупные водопроводы на селе содержались за счет государственных дотаций. Локальными водопроводами были обеспечены 2,6 тысяч сельских населенных пунктов. Общая протяженность внутрипоселковых сетей составила 29,0 тыс. км. В целом по республике около 3,5 млн человек сельского населения (до 60%) обеспечивалось водопроводной водой. Остальное население пользовалось водой трубчатых и шахтных колодцев, а также открытых водоемов и привозной водой. В настоящее время в сельской местности только 9% населения использует водопровод, 91% пользуется другими источниками водоснабжения. Степень технической и санитарной надежности такого водообеспечения крайне низка.

Ввиду истечения срока службы ряда водопроводов и отдельных их веток, участилось количество аварий, приводящих к длительным перебоям в подаче воды. Высокая аварийность приводит к непроизводительным потерям воды, что ведет к перерасходу электроэнергии и, в конечном счете, к увеличению себестоимости 1 м³ воды.

Стоимость 1 м³ поданной населению воды в отдельных регионах по различным причинам достигла 60-80 тенге и выше. В среднем по областям и системам водоснабжения она колеблется от 18-25 до 40-60 тенге. Фактическая себестоимость подаваемой воды на групповых водопроводах северного

Казахстана в 1999-2000 годах возросла до 102 тенге против действовавшего до этого тарифа 52,05 тенге.

В результате большое количество сельских населенных пунктов отказалось от услуг групповых водопроводов. Многие населенные пункты отключены от водоснабжения эксплуатирующими эти водопроводы организациями из-за постоянных неплатежей. Население отдельных регионов испытывает острый дефицит в воде или потребляет для питья воду низкого качества.

Фактическое по республике удельное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды на одного жителя городов составляет в среднем 167 л/сут, (варьирует от 206 л/сут в Алматинской области до 120 л/сут в Кызылординской и Атырауской областях). Удельное водопотребление на одного жителя сельских населенных пунктов – 68 л/сут (от 70-75 л/сут в Кустанайской, Алматинской и Восточно-Казахстанской областях до 25 л/сут в Мангистауской области). Самый низкий уровень потребления воды на человека в Казахстане наблюдается в сельских районах Западного и Северного Казахстана и в Жамбылской области – только 10-16 литров на человека в день.²

Фактическая водообеспеченность населения в среднем по республике составляет (в процентах от нормативного) для городов - 85% (максимальное значение отмечено в Алматинской области - 92% и минимальное в Кызылординской - 62%); для сельских населенных пунктов - 71% (от 84% в Алматинской области до 42% - в Мангистауской области).

На снижение качества и доступности воды, потребляемой населением на питьевые нужды, оказывают влияние следующие факторы:

- общее техногенное загрязнение водных источников, особенно поверхностных вод, сбросами промышленных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых стоков;
- износ водопроводных и канализационных сетей и сооружений, не обеспечивающих соответствующую водоподготовку и очистку сбросных вод;

- вторичное загрязнение питьевой воды продуктами бактериальной деятельности, связанной с разрушением антикоррозийного покрытия поверхности труб;
- несовершенство механизма ценовой политики, тарифов по оплате за питьевую воду, недостатки в эксплуатации коммунально-бытового сектора и в управлении сельскохозяйственным водоснабжением;
- неплатежеспособность населения и низкая доступность к качественной питьевой воде;
- недостаточность государственных инвестиций в строительство новых систем водоснабжения и на ремонтно-восстановительные работы существующих систем;
- недостаточное использование специально разведанных для хозяйственно-питьевого водоснабжения месторождений подземных вод;
- нецелевое использование пресных подземных вод;
- отсутствие в отдельных регионах республики местных источников питьевого водоснабжения.

Отсутствие и/или недостаточность мер по устранению причин снижения качества и доступности для населения питьевой воды привело к следующим последствиям:

- к ухудшению здоровья населения отдельных регионов страны;
- к нерегулируемой миграции населения в связи с ухудшением санитарно-экологической среды в отдельных районах;
- к старению производственных фондов на предприятиях коммунально-бытового сектора;
- к снижению качества и перебоям в предоставлении коммунально-бытовых услуг, росту эксплуатационных издержек предприятий этого сектора;
- к потере питьевого значения месторождений подземных вод и открытых водоемов;
- к повышению затрат на очистку воды и водоподготовку.

В период 2006-2010 гг. были продолжены работы по внедрению новых достижений передовых технологий в строительство систем водоснабжения и подготовку вод питьевого качества. Строительство и реконструкция систем и сооружений необходимы для полного обеспечения населения страны качественной питьевой водой.

Качество поверхностных вод

Качество вод практически всех водных объектов республики, несмотря на спад производства и уменьшение объемов отводимых сточных вод, остается неудовлетворительным. Основные загрязнители поступают в водные объекты со сбросными водами предприятий химической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной промышленности и цветной металлургии. Наибольший ущерб окружающей среде и, в первую очередь, водоприемникам наносят загрязненные сточные воды, отводимые без какой-либо очистки.

Одной из гидрологических особенностей Казахстана является то, что, в основном, на его территории находятся зоны транзита и рассеивания стока, а также дельтовые зоны крупных речных бассейнов (рр. Сырдарья, Или, Урала, Иртыша).

Поскольку сток практически всех рек зарегулирован, то режим формирования стока на участках рек, расположенных ниже водохранилищ, сильно трансформируется. В результате взаимного воздействия рек и территорий водосбора и интенсивного водопользования, в зоне транзита и рассеивания стока меняется гидрологический режим и качество воды. Это взаимное воздействие характеризуется интенсивным забором воды из рек для нужд промышленности и орошаемого земледелия и сбросом возвратного стока с солями, химикатами и другими загрязнителями в реки.

Ниже приводится характеристика качества поверхностных вод основных водных объектов Казахстана по данным Центра мониторинга загрязнения природной среды (ЦМЗПС)) РГП «Казгидромет» [63,64,65].

Арало-Сырдарьинский бассейн. Уровень загрязненности нитритами поверхностных вод бассейна продолжает оставаться высоким. В 2001 году превышение ПДК нитритов наблюдалось в 46% проанализированных проб, максимальный их уровень достигал 27 ПДК.

Химический состав р. Сырдарья формируется в пределах Республики Узбекистан. В Казахстан (пограничный створ с. Кокбулак) вода поступает со средним содержанием азота нитритного - около 4 ПДК, максимальная концентрация - 16 ПДК, среднее содержание меди достигало 4 ПДК, фенолов - 3 ПДК, сульфатов - 6,5 ПДК. Максимальный уровень загрязненности наблюдается в весенний период, когда содержание загрязняющих веществ достигает: меди и нитритов - 3 ПДК, сульфатов - 7 ПДК, фенолов - 6 ПДК, нефтепродуктов - 4 ПДК. Вода Шардаринского водохранилища загрязнена в основном сульфатами, нитритами, фенолом и медью.

Вода основных притоков р. Сырдарья также значительно загрязнена. Река Келес характеризуется значением ИЗВ (индекс загрязненности воды), соответствующим классу качества 3 - «умеренное загрязнение». Основные загрязняющие вещества - сульфаты, медь, фенолы, содержание которых находилось в пределах 2-11 ПДК. Река Арысь - умеренно загрязненная (сульфаты, медь, фенолы, нитриты). Уровень загрязненности реки Бадам характеризуется значением ИЗВ, соответствующему классу качества 3 - «умеренное загрязнение», средние концентрации сульфатов, меди, фенолов, нитритов, нефтепродуктов превышали ПДК в 2-5 раз.

Иртышский бассейн. Загрязненность поверхностных вод бассейна тяжелыми металлами продолжает оставаться высокой. В 2001 году превышение ПДК по меди наблюдалось в 99,6% проанализированных проб; по цинку - в 57% проб, содержание цинка и меди выше 10 ПДК наблюдалось в 15% проб. Класс качества воды 4, вода загрязненная.

В фоновом створе р. Иртыш - с. Буран, сбросы сточных вод отсутствуют. Индекс загрязненности в районе с. Буран равен 1,02, класс качества 3 - вода

«умеренно-загрязненная». Ниже по течению, в пределах г. Усть-Каменогорска, под влиянием сбросов сточных вод Восточно-Казахстанского промышленного комплекса уровень загрязненности р. Иртыш по отдельным показателям значительно возрастает. Наиболее загрязненным является створ «0,5 км ниже сброса ТМК», расположенный ниже впадения притока - р.Ульбы. Кроме загрязненной Ульбы на качество поверхностных вод данного участка реки оказывают влияние сбросы сточных вод очистных сооружений правого берега р.Иртыш.

На качество поверхностных вод р. Иртыш на участке с. Глубокое – с. Предгорное оказывают влияние два правобережных притока: р. Глубочанка и р. Красноярка, воды которых загрязняются стоками Белоусовского, Иртышского и Березовского рудников, а также транзитными водами от выше расположенных источников загрязнения в г. Усть-Каменогорске. Среднегодовые концентрации меди и цинка на этих реках достигают 40-50 ПДК, а максимальные нередко превышают 100 ПДК

В замыкающем створе с. Боровское индекс загрязненности р. Иртыш равен 1,14, что соответствует «умеренному загрязнению».

Водные ресурсы реки Иртыш и ее притоков используются на нужды промышленности, гидроэнергетики, жилищно-коммунального, рыбного и сельского хозяйства. Всего по Восточно-Казахстанской области в 2010 г. на производственные нужды забрано 217,2 млн м³ воды (152,5 млн м³ поверхностной, 59,4 – подземной, 5,3 – шахтной). Из них 216,7 млн м³ взято в Иртышском бассейне.

Для централизованного водоснабжения Восточного Казахстана главное значение имеют подземные воды аллювиальных отложений. За их счет обеспечивается водоснабжение городов Усть-Каменогорск, Семей, Зыряновск, большинства горнорудных предприятий цветной металлургии, а также питьевое водоснабжение сельскохозяйственных районов.

Подземные воды в районе г. Усть-Каменогорск загрязнены токсичными тяжелыми металлами, солями и органикой, что связано с деятельностью

промышленных предприятий. Загрязнение территории и подземных вод угрожает безопасности питьевого водоснабжения населения города и требует принятия срочных мер.

С этой целью Ассоциацией WISMUT с помощью НК РК Kazatoprom разработан проект восстановления окружающей среды г. Усть-Каменногогорска. В его составе гидрогеологическая модель территории города, данные об источниках загрязнения и границы наиболее загрязненных районов. На основе анализа этих материалов предложено создать гидравлический барьер ниже шлейфа загрязнения для предотвращения его распространения. Проектом намечено совершенствование мониторинга и реконструкция систем водоснабжения и канализации в соответствии с современными стандартами [66].

Урало-Каспийский бассейн. Основными загрязняющими веществами поверхностных вод бассейна являются бор и органические вещества. Содержание нитритов и фенолов наблюдается соответственно в 80 и 49% отобранных проб, медь – в 22%.

Воды реки Урал загрязняются на территории Российской Федерации. В пределах Казахстана сбросы сточных вод в русло отсутствуют.

Река Илек по-прежнему остается самым загрязненным водным объектом бассейна. Содержание бора и хрома в реке обусловлено влиянием шламовых прудов-накопителей бывшего Алгинского химзавода и АО «АЗХС» через подземные воды. В створе г. Алга «0,5 км ниже выхода подземных вод» содержание бора в воде колеблется в пределах 35-129 ПДК. В районе г.Актюбинска содержание бора составило 13,8 ПДК, фенолов – 1 ПДК, азота нитритного – 1,2 ПДК, хрома – 6,9 ПДК. Класс качества воды р. Илек на всем протяжении изменяется от 4 - «вода загрязненная», до 6 - «вода очень грязная».

Балхаш-Алакольский бассейн. Основными загрязняющими веществами поверхностных вод бассейна р. Или являются нефтепродукты, содержание которых в 83% проанализированных проб превышало ПДК (в среднем 2,5 ПДК). В соответствии с индексом загрязненности, характерным для бассейна, загрязнение является умеренным.

Химический состав р. Или в пределах Республики Казахстан формируется под влиянием загрязняющих веществ, поступающих с территории КНР, а также загрязненного поверхностного стока и смыва с прилегающих к бассейну собственных сельскохозяйственных угодий, а также промышленных коммунально-бытовых стоков Алматы и прилегающих к нему городов. На участке в районе пристани Дубунь концентрация меди достигала 21,4 ПДК (максимальная величина - 181 ПДК), фенолы, цинк и нефтепродукты содержались в воде на уровне 1-3 ПДК. На данном участке вода р. Или оценивается как грязная. Ниже по течению концентрация меди несколько снижается. В створе ниже Капшагайской ГЭС качество воды практически не изменяется и в соответствии с ИЗВ оценивается классом 4, т.е. «вода загрязненная».

Основными загрязняющими веществами озера Балхаш являются тяжелые металлы: медь и цинк, а также нефтепродукты, фенолы и фториды. Содержание меди превышает ПДК во всех отобранных пробах в заливе Малый Сары-Шаган и бухте Бертыс.

Нура-Сарысуский бассейн. Территория бассейна характеризуется низким уровнем водообеспеченности. В связи с зарегулированностью значительной части стока рек его формирование также происходит за счет сброса сточных вод с промышленных предприятий. В частности, металлургический комбинат "Испат-Кармет" сбрасывает большой набор металлов и органических веществ от коксохимического производства, а бывшее производственное объединение "Карбид" загрязняет реку Нуру различными органическими веществами, включая ртутьсодержащие. Кроме того, река Нура принимает сточные воды городов Темиртау и Караганда, а также шахтные воды Карагандинского угольного бассейна. Существует угроза попадания в р. Нура сточных вод из быстрорастущего г. Астаны.

В реку Нура в среднем течении впадает самый крупный и загрязненный приток – река Шерубайнура. Для рек бассейна характерна загрязненность

нитритами. Количество проб, в которых отмечено превышение ПДК нитритов, составляет 56%, азота аммонийного и меди – 50%, фенолов и нефтепродуктов – 67%, фторидов – 80%, цинка – 58%.

Качество вод бассейна оценивается классом 4 – «вода загрязненная».

Ишимский и Тобол-Тургайский бассейны. По сравнению с другими бассейнами уровень загрязненности поверхностных вод бассейнов рек Ишим и Тобол значительно ниже, класс качества воды соответствует «умеренному загрязнению».

По данным мониторинга поверхностных вод Республики Казахстан, выполненного подразделениями РГП "Казгидромет", наиболее загрязненным является бассейн реки Иртыш. Максимально загрязнены реки Восточно-Казахстанской области: Брекса, Тихая, Глубочанка и Красноярка. Превышение ПДК в них по азоту аммонийному составило до 2,29 ПДК, меди – 3,1-25,7 ПДК, цинку – 17,5-40,1 ПДК, нефтепродуктам – до 2,4 ПДК и марганцу – до 8,6 ПДК.

Качество подземных вод

По отчетным данным службы мониторинга подземных вод, в целом по стране, выявлено порядка 700 потенциальных источников загрязнения [60]. Это промышленные предприятия, хранилища твердых и жидких отходов, животноводческие комплексы, поля фильтрации промышленных и сельскохозяйственных объектов, земледельческие поля орошения, где используются очищенные промышленные стоки, городские агломерации, нефтепромыслы и нефтеперерабатывающие предприятия и т.д. По данным инвентаризации, только 477 предприятий имели на балансе 762 накопителя промышленных стоков. К сожалению, все предприятия, имеющие такие накопители, не были охвачены этой инвентаризацией и поэтому нет возможности в полном объеме охарактеризовать объем сбросов и стоков, а также качественный и количественный состав загрязняющих компонентов. Тем не менее, установлено, что 241 предприятие является источником загрязнения

подземных вод. На 158 загрязнение выявлено посредством регулярных режимных наблюдений, на 83 – с помощью разовых, единичных замеров.

Основными источниками загрязнения являются промышленные и сельскохозяйственные объекты, в меньшей степени – объекты коммунального хозяйства.

Максимальное число участков и очагов загрязнения выявлено в Алматинской (40), Карагандинской (33), Восточно-Казахстанской (22) областях. Из общего числа участков загрязнения подземных вод основная масса (более 200) характеризуется повышенной минерализацией, увеличением жесткости, концентраций сульфатов и хлоридов до значений, превышающих ПДК. 75 выявленных участков характеризуются содержанием в подземных водах азотистых соединений, 59 – тяжелых металлов, 41 – фенолов, 28 – органических соединений.

По степени опасности загрязняющих веществ выявленные загрязнения подземных вод на 127 участках характеризуются как опасные, на 63 – как умеренно опасные, на 48 – как высоко опасные и лишь 3 – как чрезвычайно опасные.

На территории страны было выявлено 272 водозабора, находящегося в зоне загрязнения подземных вод, причем на 92 из них имеется режимная сеть наблюдений. Загрязнение подземных вод на остальных водозаборах определено в результате эпизодических режимных наблюдений. В большинстве случаев загрязнение подземных вод на водозаборах обусловлено хозяйственной деятельностью, а на 44 водозаборах – природными факторами. Для 143 водозаборов характерны повышенные минерализация подземных вод, жесткость, содержание хлоридов и сульфатов. На целом ряде водозаборов отмечается загрязнение подземных вод тяжелыми металлами (Актюбинская область – 12 водозаборов, Восточно-Казахстанская – 15, Костанайская – 17). Максимальное число водозаборов в зоне загрязнения подземных вод находятся в Карагандинской области (77), Восточно-Казахстанской (28), Северо-

Казахстанской (25). На 180 водозаборах, где по единичным обследованиям выявлено загрязнение подземных вод, требуется создание режимной сети наблюдений.

Снижение экологических функций водных объектов. Ухудшение условий проживания населения в экологически неблагополучных регионах

Ухудшение экологической ситуации в стране вызвано комплексом таких негативных фактов, как дефицит воды, истощение и ухудшение качества водных ресурсов, деградация земель, накопление опасных токсических производственных и бытовых отходов, радиационная опасность, обезлесивание, необратимое сокращение биологического разнообразия и разрушение генетического фонда живой природы, региональное техногенное опустынивание, загрязнение атмосферы, активизация угрожающих жизни стихийных природных явлений и промышленных катастроф.

Масштабы и острота экологических проблем, влияющих на социальное положение и здоровье населения, вызывают серьёзную озабоченность. При этом ключевой проблемой является дефицит водных ресурсов, препятствующий устойчивому развитию страны. Поверхностные водоёмы интенсивно загрязняются сбросами хозяйственно-фекальных и производственных сточных вод на фоне засорения водоохраных зон бытовыми, сельскохозяйственными и производственными отходами. С каждым годом в республике возрастает загрязненность воды децентрализованных источников. Все это становится причиной массового ухудшения здоровья населения.

За последние 10 лет зарегистрировано около 50 локальных вспышек инфекционных заболеваний вследствие негативного водного фактора, из них 48% – по причине неудовлетворительного санитарно-технического состояния водопроводов; 24% – по причине неудовлетворительного состояния водопроводных сетей; 20% – по причине использования поверхностных вод и 8% – по причине загрязнения водоохраных зон. В первую очередь, это заболевания, переносимые загрязненной водой: дизентерия, брюшной тиф,

вирусный гепатит А. Были зарегистрированы две вспышки заболеваемости кишечными инфекциями в г. Аркалыке Костанайской области и г. Темиртау Карагандинской области с общим числом пострадавших 448 человек.

Установлено, что основной причиной ухудшения показателей здоровья населения республики является комплексное влияние факторов среды обитания и производственной среды, социальной сферы и экологического состояния территорий. С ними увязывается около 60 % случаев неправильного физического развития, сокращения средней продолжительности жизни на 5-7 лет.

Истощение водных ресурсов в некоторых регионах стало причиной увеличения числа безработных, лишив источника дохода многие семьи и поставив их на грань выживания. В Приаралье действовали 13 рыболовецких хозяйств, в Аральске – судоремонтный завод, в порту Уч-Сай – судоремонтная мастерская. С отступлением Аральского моря под угрозой безработицы оказались более 10 тысяч человек, т.е. в пересчете на среднюю семью из 5 человек – 50 тысяч населения региона лишены средств к существованию. В Кызылординской области оказались без работы 16 тыс. человек, из них более 12 тысяч – жители сельских районов, 11,3 тысячи человек находились в вынужденных отпусках из-за остановки или частичного прекращения деятельности предприятий. Воздействие безработицы ощутила каждая пятая семья – более 100 тысяч человек.

Исследования, проведенные в рамках проекта технической помощи Азиатского Банка Развития «Доступность услуг водоснабжения как один из элементов оценки бедности», показали, что недостаток воды ведет к несоблюдению жителями норм санитарии и гигиены, а это влечет за собой рост заболеваемости населения; уровень дохода в вододефицитных районах во всех областях в расчете на одного человека почти в 2 раза ниже официально установленного прожиточного уровня.

Можно констатировать, что недостаток воды, ее несправедливое распределение и ухудшение качества приводят к миграции населения, в результате создается угроза обеспечению трудовыми ресурсами крупных регионов республики, и, прежде всего, Центрального и Северного Казахстана. В свою очередь, эти негативные процессы представляют серьезную угрозу развитию экономики и безопасности государства.

Негативные водные факторы

Наводнения и меры защиты от их воздействия

Наводнения относятся к числу самых частых и ущербных стихийных бедствий. Они наносят как прямой, так и косвенный ущерб. В первом случае – это разрушение объектов, гибель людей, домашних животных и посевов сельскохозяйственных культур, нарушение ландшафтов. Во втором ущербы связаны с последствиями этих бедствий, а именно: с остановкой производств, нарушением транспортного сообщения, загрязнением среды, в том числе воды, возникновением возможных эпидемий и другими.

Только за последние 10 лет в мире при наводнениях погибло около 100 тысяч и пострадало более 1,5 млн человек, а общий ущерб от наводнений составил около 300 млрд долларов США. Причинами наводнений являются сильные и продолжительные дожди, интенсивное таяние снежного покрова и ледников, прорывы озер и водохранилищ, ветровые нагоны воды на крупных водоемах, заторы и зажоры льда на реках, цунами и прочие.

В Республике Казахстан, несмотря на засушливость климата, наводнения достаточно часты. В республике имеется около 800 рек протяженностью 50 и более км, на которых при определенных условиях возникают наводнения. К территориям, подверженным наводнениям, относятся северо-западные, северные, восточные, юго-восточные и центральные регионы республики. Наибольший ущерб приносят наводнения на реках Урал, Тобол, Ишим, Нура, Эмба, Торгай, Сарысу, Бухтарма, а также на их многочисленных притоках. Наводнения могут быть также вызваны аварийными сбросами воды из

водохранилищ, прорывами прудов-накопителей и других искусственных водохозяйственных сооружений.

За последние 10 лет в Казахстане зарегистрировано более 3 00 наводнений различного происхождения, из которых 70 % приходится на наводнения, связанные с весенним половодьем, 30 % были вызваны выпадением дождей и 10 % - другими причинами.

Наводнения в Казахстане отмечаются ежегодно, но их распространение и масштаб год от года варьируются весьма существенно. Примерно 1 раз в 50-100 лет на реках Казахстана случаются катастрофические наводнения. Например, из-за обильно прошедших в 2003 году над центрально-азиатскими странами дождей значительно повысился уровень воды в основных водохранилищах региона в Токтогульском (Кыргызстан), Кайракумском (Узбекистан) и Чардаринском (Казахстан). Эти искусственные водоемы, созданные еще во времена СССР, соединяет одна из крупнейших рек Средней Азии – Сырдарья. Река эта остается главной природной транспортной артерией по доставке пресной воды в густонаселенные районы региона. Пострадали от переизбытка воды низменные районы Казахстана. В районе бедствия затоплено 330 домов и эвакуировано 2000 людей. Так было и весной 1993 года, когда в связи с избыточными снегозапасами, резким и значительным потеплением с одновременным выпадением сильных дождей сформировались катастрофические тало-дождевые паводки практически на всех равнинных реках республики в 16 ее областях. При этом, по официальным данным, от наводнений пострадали 669 населенных пункта, погибли 6 человек, были эвакуированы 12,7 тыс. человек. Затопленными и разрушенными оказались 7 тыс. домов общей площадью 635 тыс. м². Затоплению также подверглись 50 тыс. га посевных площадей, 2,3 тыс. животноводческих помещений, погибли 66 тыс. голов скота, пришли в негодность 875 км автомобильных дорог, 718 км линий электропередачи, 275 км линий связи, 513 гидротехнических сооружений.

Только прямой ущерб от этого бедствия составил 500-600 млн долларов США. В другие годы прямой ущерб от наводнений в республике достигал от нескольких сотен тысяч до нескольких десятков млн. долларов США, а за период, начиная с 1995 года, он составил суммарно около 100 млн долларов.

Реальную опасность представляют накопители сточных вод, расположенные в зоне крупных населенных пунктов и промышленных центров (городов Алматы, Актюбинска, Астаны, Жамбыла и др.). Из-за недостатка выделяемых средств имеется угроза прорывов этих накопителей с образованием катастрофических паводков, с тяжелыми последствиями для населения, экономики, окружающей среды и водных объектов. Одним из примеров этому является селеподобный паводок, возникший 28-29 января 1988 года в результате прорыва отстойника сточных вод г. Алматы «Жаманкум». Максимальные расходы прорывного паводка были оценены значениями от 2 до 4 тыс. м³/с, а его объем составил 70 млн м³. При этом были разрушены несколько зданий и сооружений, автодорожный и железнодорожный мосты, погибли 19 человек. И только из-за малонаселенности местности происшедшее не приобрело поистине катастрофических последствий.

Значительную опасность на фоне многолетнего фонового повышения уровня Каспийского моря представляют ветровые нагоны воды на северном побережье моря, где высота нагонов может достигать до 3 м.

В Казахстане наводнения, в том числе нагонного характера, за исключением наводнений, обусловленных прорывами водоемов, прогнозируются заблаговременно и довольно надежно. Именно поэтому за последние 10 лет при наводнениях погибли не более 20 и пострадали (т. е. получили различные травмы) около 14 тыс. человек. Эти масштабы, безусловно, не идут ни в какое сравнение с данными мировой статистики о последствиях подобных явлений в других точках региона.

Проблема наводнений и, прежде всего, вопросов полноценной защиты от разрушающего их действия, в Казахстане пока не решена. В связи с этим

является актуальной разработкой на республиканском уровне концепции и долгосрочной программы по защите от наводнений, а также соответствующих карт риска и новых нормативов безопасного строительства для затопляемых территорий. Решение данных вопросов должно основываться на материалах космического мониторинга реальных процессов наводнений и моделировании их потенциальных сценариев на базе ГИС-технологий. Этот методологический подход позволит избежать в будущем крупных ущербов, связанных с катастрофическими наводнениями. К примеру, в новой столице республики в настоящее время активно застраивается левобережная затопляемая часть поймы р. Ишим. По проведенным предварительным гидрологическим расчетам паводки редкой повторяемости могут вызвать на этой территории весьма высокие уровни воды. Поэтому ее освоение необходимо проводить на основе тщательно разработанной карты риска.

Селевая опасность в Казахстане и меры по ее предупреждению

В Казахстане наиболее селеопасными являются горные районы юго-востока республики. Их площадь составляет около 360 тыс. км² или 13 % территории государства. Основными причинами селей в Казахстане являются ливневые дожди, прорывы моренно-ледниковых озер и сейсмогенные оползни. В республике насчитывается более 300 селевых бассейнов, где за последние полтора века отмечено около 800 случаев прохождения селей. По повторяемости наиболее частыми в республике бывают сели ливневого происхождения, на долю гляциальных (ледниковых, снежно-ледниковых) селей приходится до 15 %, а на долю других, включая сейсмогенные сели – около 5 %.

Самыми мощными на территории Казахстана были сели сейсмогенного происхождения. Во время Верненского землетрясения (1887 г.) силой 9-10 баллов в отдельных бассейнах хребта Заилийского Алатау (вблизи Алматы) сформировались оползни-сели объемом до 10-30 млн м³. Наиболее крупным ливневым селем была сель на р. Малая Алматинка 8-9 июля 1921 года. В течение 5 часов селью практически полностью был разрушен г. Верный

(Алматы), при этом погибло более 500 человек. Объем селя составлял 7-10 млн м³, расходы – 1000-5000 м³/с. Самыми крупными гляциальными селями, сопоставимыми по мощности с селем 1921 года, были прорывные сели на реке Иссык в 1963 году, на реке М. Алматинка в 1973 году и на реке Б. Алматинка в 1977 году.

После прохождения катастрофического селя на р. М. Алматинка при Правительстве Республики Казахстан было организовано Главное управление по строительству и эксплуатации селезащитных сооружений (ГУ «Казглавселезащита»), на которое были возложены функции разработки и осуществления текущих и перспективных планов строительства и эксплуатации селе- и лавинозащитных сооружений, проведения профилактических мероприятий по предотвращению селевой и лавинной опасности, а также организации работ по ликвидации последствий прохождения селевых потоков и снежных лавин.

К началу 90-х годов в Республике Казахстан была создана достаточно надежная система противоселевой защиты, получившая признание в мире. Главным достижением этой системы, безусловно, явилась инженерная противоселевая защита крупных населенных пунктов, прежде всего бывшей столицы республики г. Алматы.

С 1991 года и вплоть до последнего времени, в связи с недостатком финансирования, созданная в республике система противоселевой защиты постепенно деградировала. Были прекращены проектно-изыскательские работы, заморожены запланированные работы по реализации утвержденных комплексных схем защиты территорий от селей, ограничен объем работ по эксплуатационному содержанию инженерных сооружений, свернуты научно-аналитические и прогностические мероприятия. Сокращение поступлений средств привело к существенному ухудшению состояния технической базы самого ГУ «Казселезащита», физически изнашивалось техническое и приборное оборудование службы наблюдения, оповещения и связи, упразднены многие

структуры Казселезащиты, сокращен штат ее работников, причем потеряны наиболее квалифицированные кадры.

Все это, безусловно, отрицательно сказалось на общем качестве противоселевой защиты в республике. Положение осложняется активизацией в последнее время сейсмических процессов в горных территориях Казахстана, а также прогнозируемым ростом селевой опасности в связи с процессами глобального потепления климата.

В ближайшие годы Правительством республики планируется существенное увеличение финансирования ГУ «Казселезащиты» и наращивание ее технического потенциала. В будущем крайне важным станет координация деятельности «Казселезащиты» с создаваемым в республиканском Агентстве по чрезвычайным ситуациям Центрально-азиатским центром мониторинга ЧС, необходимость которого продиктована временем. Обоснование создания этого Центра подготовлено недавно завершенным проектом Правительства Республики Казахстан при содействии ПРООН.

Работы по дальнейшему исследованию селей и совершенствованию противоселевой защиты предполагается проводить в тесном сотрудничестве со специалистами таких государств, как Германия, Япония, Италия, США, Австрия и другими [18].

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

5.1. Водохозяйственный комплекс

В современных условиях развития общества все большее значение приобретает комплексное использование водных ресурсов. В условиях перестройки экономики, изменений, происходящих в промышленности и сельском хозяйстве, а также с улучшением культурно-бытовых условий жизни людей увеличиваются водопотребление и другие формы использования водных ресурсов. Вопросы водообеспечения, охраны вод в настоящее время приобретают характер серьезной глобальной проблемы России. Создание оборотных систем водообеспечения промышленных предприятий и безотходных технологий требует дополнительного финансирования, что при создании иных форм финансовых моделей в России не обеспечивает требуемого снижения водопотребления. При решении задач водопользования необходимо рассматривать водохозяйственный комплекс.

Водохозяйственный комплекс представляет собой совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Комплексное использование и охрана водных ресурсов предусматривают: всестороннюю оценку природных вод в отдельных речных бассейнах и экономических районах с учетом антропогенной деятельности в современных условиях и на перспективу; выявление потребностей в воде всех отраслей народного хозяйства, обоснование норм водопотребления с учетом повторного или последовательного использования воды, определение объема безвозвратных потерь; согласование запросов отдельных водопользователей с выделением наиболее эффективных и экономично расходуемых вод; разработку водохозяйственных балансов и выделение на основе их районов, испытывающих наибольший дефицит в воде; установление мер по охране

природных вод от истощения и загрязнения, а также разработку мер, предложений по очистке, обезвреживанию и использованию промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных стоков; определение ассигнований для выполнения намеченных мероприятий водохозяйственного и мелиоративного строительства и подсчет экономического эффекта от реализации запроектированных мер; оценка изменений природных условий в зонах проведения крупных водохозяйственных мероприятий; обоснование объема проектно-изыскательских и научно-исследовательских работ с определением состава их исполнителей.

Схема комплексного использования водных ресурсов позволяет учитывать изменения в развитии экономики страны.

Увеличение водопотребления затрагивает интересы многих отраслей промышленности, изменяя вековые сложившиеся связи в природе, вторгаясь в сложившиеся природные круговороты: гидрологический, кислорода и углерода, естественный цикл азота. Поэтому водохозяйственный комплекс рассматривают как сложную водохозяйственную систему, функционирующую на основе научно обоснованных долгосрочных прогнозов в отношении, требований, предъявляемых различными отраслями народного хозяйства к количеству и качеству воды.

В структуру водохозяйственного комплекса входят: водоснабжение, водоотведение, гидротехнические мелиорации, гидроэнергетика, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, здравоохранение, водные рекреации и др. В гидротехнические мелиорации входят оросительные и осушительные работы, осуществление мероприятий по борьбе с вредным воздействием вод: защита от наводнений, борьба с водной эрозией, селевыми потоками, оползнями и разрушением берегов, а также с заболачиванием и засолением почв.

Требования, предъявляемые к водохозяйственному комплексу:

- рациональное обеспечение потребителей водой в достаточном количестве и соответствующего качества;
- сохранение природных условий и гарантии охраны воды от загрязнения, засорения и истощения; обеспечение наибольшего народнохозяйственного экономического эффекта;
- гарантии простой и надежной работы.

Государственная и хозяйственная деятельность водохозяйственных комплексов в РФ осуществляется в соответствии с Водным кодексом РФ.

Рациональное использование и охрана вод зависит от эффективности государственного управления, которое построено по бассейновому принципу, затрагивающему интересы краев, областей, районов, городов.

Государственный контроль играет важную роль для рационального, комплексного использования водных ресурсов, охраны вод от засорения и истощения, предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод.

Государственный учет поверхностных и подземных вод, представляющий собой систематическое определение и фиксацию в установленном порядке количества и качества водных ресурсов, имеющих на данной территории, базируется на утвержденных положениях об учете водных ресурсов и входит одной из основных частей в Государственный водный кадастр РФ.

Прогнозирование использования вод представляет собой систему, включающую основные положения Государственного водного кадастра РФ и водобалансовые схемы комплексного использования и охраны вод.

Водохозяйственные балансы позволяют комплексно использовать водные ресурсы и прогнозировать масштабы развития и размещения производительных сил и т. п.

При обосновании параметров водохозяйственного комплекса (ВХК) учитывают три связанные между собой части: природную, экономическую и техническую (рис. 5.1).

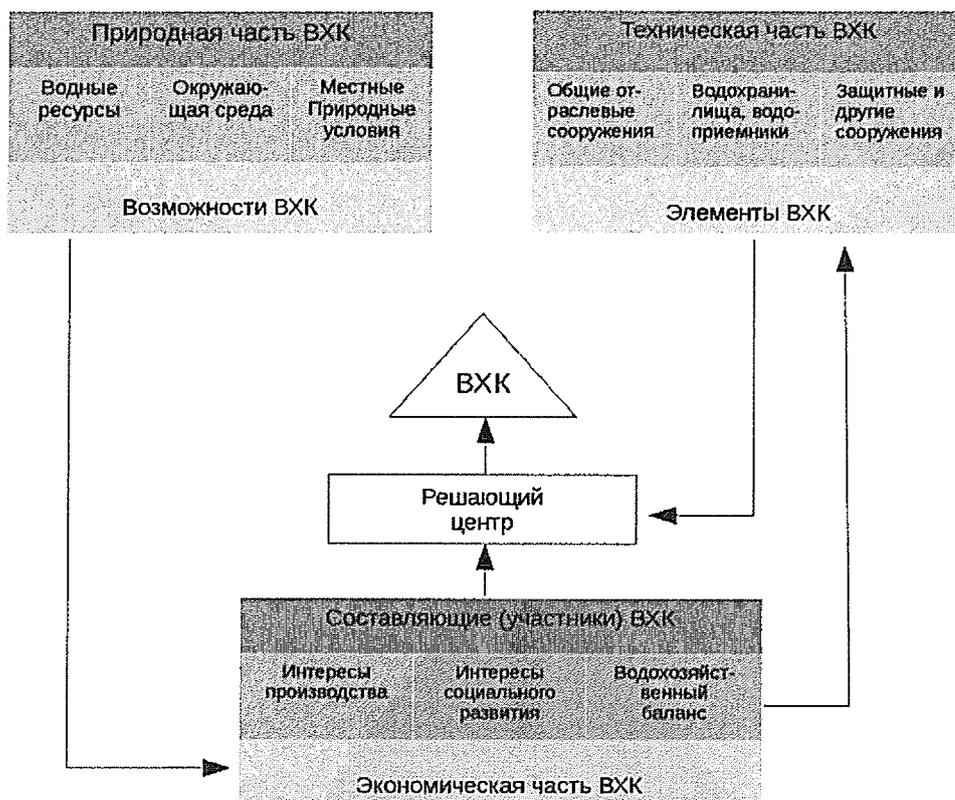


Рис. 5.1. Схема формирования водохозяйственного комплекса [4]

Природная часть обуславливает возможности функционирования и развития ВХК, определяет положительные и отрицательные, стороны его влияния на природу.

Экономическая учитывает интересы отраслей народного хозяйства и отдельных водопользователей. Цель ее состоит в достижении наибольшего, экономического эффекта при функционировании ВХК и минимизации ущерба при вредном воздействии развития народного хозяйства на водные ресурсы.

Техническая определяет систему взаимосвязанных технических решений по возведению и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающих эффективную работу элементов системы ВХК в конкретных местных условиях.

Государственный ВХК решает водохозяйственные проблемы в масштабах развития государства на основе политических и социальных аспектов.

Зональные ВХК призваны к решению водохозяйственных проблем в экономическом районе при наиболее полном и эффективном использовании его возможностей.

Примерами комплексного использования многих рек РФ служат ВХК Волги, Дона, Иртыша и других рек в крупных бассейнах. По всем бассейнам крупных рек составлены схемы комплексного использования водных и земельных ресурсов.

5.1.1. Водопользование

Различают два основных вида водопользования:

- 1) водопользование с изъятием воды из источника;
- 2) водопользование без изъятия воды из источника.

В середине прошлого столетия во многих странах (в том числе и в СССР) под первым видом использования водных ресурсов подразумевалось только «водопотребление», т.е. забор воды из источника и её использование различными отраслями экономики, а «водопользование» отождествлялось с использованием воды без её изъятия из источника. Однако по мере увеличения антропогенной нагрузки на качество вод под «водопользованием» стало подразумеваться не только использование воды с её забором из источника, но и использование водного объекта для других целей, в том числе для отведения сточных вод. Это положение нашло отражение в законодательстве многих стран мира, в том числе в вводном кодексе Российской Федерации, Республики Казахстан и Республики Беларусь [67, 68, 69]. Соответствующая современным представлениям структура использования водных ресурсов показана на рис.5.2.

Использование водных ресурсов характеризуется рядом особенностей, к которым относятся следующие:

1. *Водные ресурсы являются незаменимыми ресурсами* как в биологической жизни, так и в жизни общества. Они возобновляемы, но ограничены и уязвимы. Способность государства обеспечивать устойчивое водопользование и поддерживать на должном уровне экологическое состояние водных объектов определяет возможности и перспективы социально-экономического развития и создания достойных условий для проживания нынешнего и будущих поколений.

2. *В процессе использования водные ресурсы не только перераспределяются в пространстве и времени, подаче воды из одних бассейнов в другие, создание*

водохранилищ и т.д.), но и преобразовываются из одних видов ресурсов в другие. Вода, забранная из подземных источников и использованная на хозяйственные или производственные нужды, возвращается в поверхностные источники в виде сточных вод. В свою очередь, запасы подземных вод могут пополняться за счет специальных сооружений, а также вследствие утечек и фильтрационных потерь в коммунальном секторе и орошении.

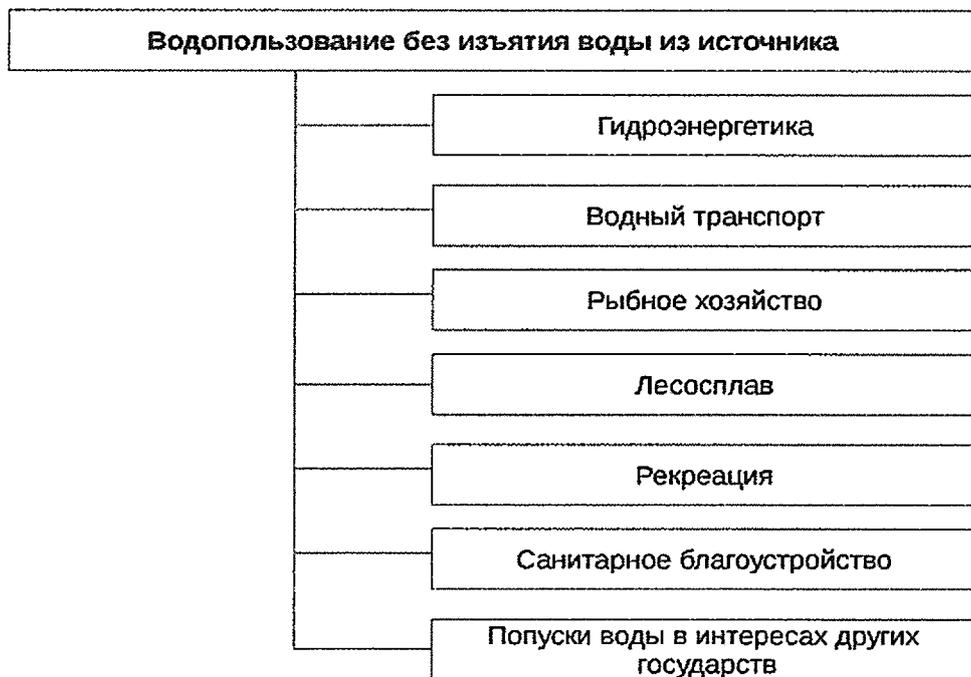


Рис. 5.2. Структура использования водных ресурсов [3]

3. *Водные ресурсы могут использоваться многократно:* как в производственном цикле, так и по длине реки. В первом случае используются отработанные сточные воды (после их очистки, а в отдельных случаях - без предварительной очистки). Во втором случае сточные и коллекторно-дренажные воды оросительных систем, смешиваясь с речными, пополняют запасы естественных водных ресурсов, обеспечивая потребности расположенных ниже по течению водопользователей. В то же время использование воды на одном участке реки в значительной мере определяет возможности дальнейшего использования водных ресурсов на других участках.

4. *Тесная взаимосвязь различных отраслей экономики при использовании водных ресурсов.* Иногда интересы отраслей совпадают, т.е. одни и те же водные ресурсы используются, например, для судоходства и в рекреационных целях. В других, более распространенных случаях интересы отраслей противоположны: требования гидроэнергетики к водному режиму, как правило, противоречат требованиям орошения; интенсивный отбор воды на производственные нужды ухудшает условия развития рыбного хозяйства, отведение сточных вод отрицательно сказывается на качестве источника промышленного и питьевого водоснабжения.

5. *Единство водных ресурсов и сооружений.* Природные водные ресурсы используются посредством возведения различных гидротехнических сооружений (водозаборы, водовыпуски, плотины водохранилищ, дамбы обвалования и т.д.). Параметры этих сооружений в значительной степени зависят от природных условий используемого водного объекта.

6. *Длительность действия.* Использование водных ресурсов для любых целей влечет за собой изменение природных условий и в течение длительного срока влияет на режим используемого водного объекта, так как основные гидротехнические сооружения (плотины, каналы и т.д.) относятся к сооружениям с очень большим сроком службы (до 100 лет).

7. *Водопользование осуществляется в условиях быстро растущих требований к охране вод и биосферы* в целом при ограниченных экономических возможностях. Сохранение водных объектов в качестве источников возобновляемых водных ресурсов в интересах оптимального состояния биосферы необходимо для социального развития общества в будущем.

8. *Постоянное удорожание водохозяйственных и водоохраных объектов*, так как более простые, доступные и дешевые варианты водообеспечения уже реализованы. Остались более трудные мероприятия, требующие больших материальных затрат и более тщательного технико-экономического обоснования.

9. *Зависимость планирования использования и охраны вод от прогнозирования развития экономики и прогнозов изменения водных ресурсов* под влиянием хозяйственной деятельности, а также под влиянием пока не полностью изученных глобальных метеорологических процессов.

10. *Недостаток водных ресурсов порождает конфликтные ситуации*, создающие потенциальную угрозу миру. Некоторые гидротехнические сооружения (водохранилища, накопители сточных вод, очистные сооружения) могут стать объектами международного терроризма.

Вышеперечисленные особенности требуют реализации **принципа комплексности** при использовании водных ресурсов на основе **экосистемного бассейнового подхода**, объединяющего социальное и экономическое развитие с эффективным управлением использованием и охраной вод [70].

5.1.2. Водопотребление

В настоящее время основными потребителями воды являются:

- хозяйственно-питьевое водоснабжение;
- промышленное водоснабжение;
- сельскохозяйственное водоснабжение;

- орошаемое земледелие;
- увлажнение осушенных земель;
- рыбное прудовое хозяйство.

Водоснабжение. Современные системы водоснабжения городов и населенных мест представляют собой сложные технические системы, обеспечивающие прием природной воды, ее очистку с последующим распределением воды потребителям.

Наиболее распространены многофункциональные системы водоснабжения, предназначенные для питьевого, бытового, хозяйственного, производственного и противопожарного водоснабжения. Годовое потребление воды распределяется основными потребителями системы городского водоснабжения следующим образом, в %: хозяйственно-питьевые нужды населения — 56 (приготовления пищи и питья — 30, для стирки — 10, для пользования ваннами — 30, для работы смывных бачков — 30); нужды общественных зданий — 17; промышленные нужды — 17; пожарные — 3; городские нужды (поливка улиц и зеленых насаждений, рабочих фонтанов и др.) — 1 и прочие — 6.

Состав и свойства питьевой воды при любом типе водоисточника, способе обработки и конструктивных особенностях водопроводной сети должны обеспечивать безопасность в эпидемиологическом отношении, безвредность химического состава, благоприятные органолептические свойства. Технические гигиенические требования и нормы, предъявляемые к питьевой воде, регламентирует ГОСТ 2874-82 и СанПиН № 2.1.4.1074-014.

Среднесуточное водопотребление служит отправной точкой определения расчетного расхода воды, который необходим для удовлетворения потребности населения в любое время года, месяца, недели, включая сутки наибольшего водопотребления. Параметры водопроводных сооружений систем водоснабжения городов и населенных мест рассчитывают на определенный расчетный период, который может включать несколько очередей строительства,

учитывающих перспективу развития города и повышение уровня благоустройства потребителей воды.

Расход воды, на прохождение которой рассчитывают элементы системы водоснабжения, изменяется в течение кварталов года, месяцев сезона, часов суток и минут часа. Эти колебаний водопотребления необходимо учитывать при проектировании системы водоснабжения с заданным уровнем благоустройства. Рост численности населения и увеличение норм водопотребления поддаются прогнозу.

Данные о прогнозе развития города учитывают в процессе проектирования новых систем водоснабжения путем резервирования дополнительных площадей для развития тех или иных элементов, предусмотренных очередностью строительства. Сезонные изменения водопотребления определяют, главным образом, миграция населения и климатические факторы, характерные для заданного места расположения города [4].

Система водоснабжения состоит из сооружений для забора воды из источника, ее транспортирования, обработки, хранения и регулирования подачи.

Вид водозаборного сооружения зависит от характера источника водоснабжения. Из поверхностных источников водоснабжения (рис. 5.3, а) забор воды осуществляется береговыми и русловыми водозаборами различных конструкций, из подземных (рис. 5.3, б) — водозаборными скважинами, шахтными колодцами, горизонтальными и лучевыми водозаборами, сооружениями для каптажа подземных вод.

Подъем и перекачка воды на очистные сооружения или к потребителю осуществляется насосной станцией I подъема. После прохождения процесса кондиционирования вода подается потребителю насосной станцией II подъема. Возможно устройство нескольких последовательно или параллельно работающих станций, что определяется техническими и экономическими требованиями.

Сооружения для кондиционирования воды необходимы для доведения ее качества до требований, предъявляемых к ней абонентами. Резервуары чистой воды (сборные резервуары) служат для сглаживания неравномерности режима работы насосных станций I и II подъемов и хранения аварийных и противопожарных объемов воды.

Водоводы следует рассматривать как сооружения для транспортирования воды к местам ее распределения. Они представляют собой систему труб (напорных и безнапорных) и каналов, по которым вода поступает к городу, поселку или промышленному объекту.

Для распределения воды по территории объекта и раздачи ее потребителям устраивается водопроводная сеть. Она представляет собой систему трубопроводов, уложенных по улицам, проездам и т.д. Сооружения для хранения и аккумуляции воды (водонапорная башня) выполняют ту же роль, что и резервуар чистой воды. Они сглаживают и несовпадения режима работы насосной станции II подъема, и режима водопотребления.

Расположение очистных сооружений возможно вблизи как водозаборных сооружений, так и потребителя. Это зависит от удаленности водопотребителя от источника питания, наличия строительной площадки, санитарных, технических или экономических соображений, а также качества воды в источнике.

Схема водоснабжения будет упрощена в случае соответствия качества воды в источнике требуемому. Тогда очистные сооружения могут отсутствовать. Такая схема возможна, например, при использовании артезианских вод, для которых характерно высокое санитарно-гигиеническое качество.

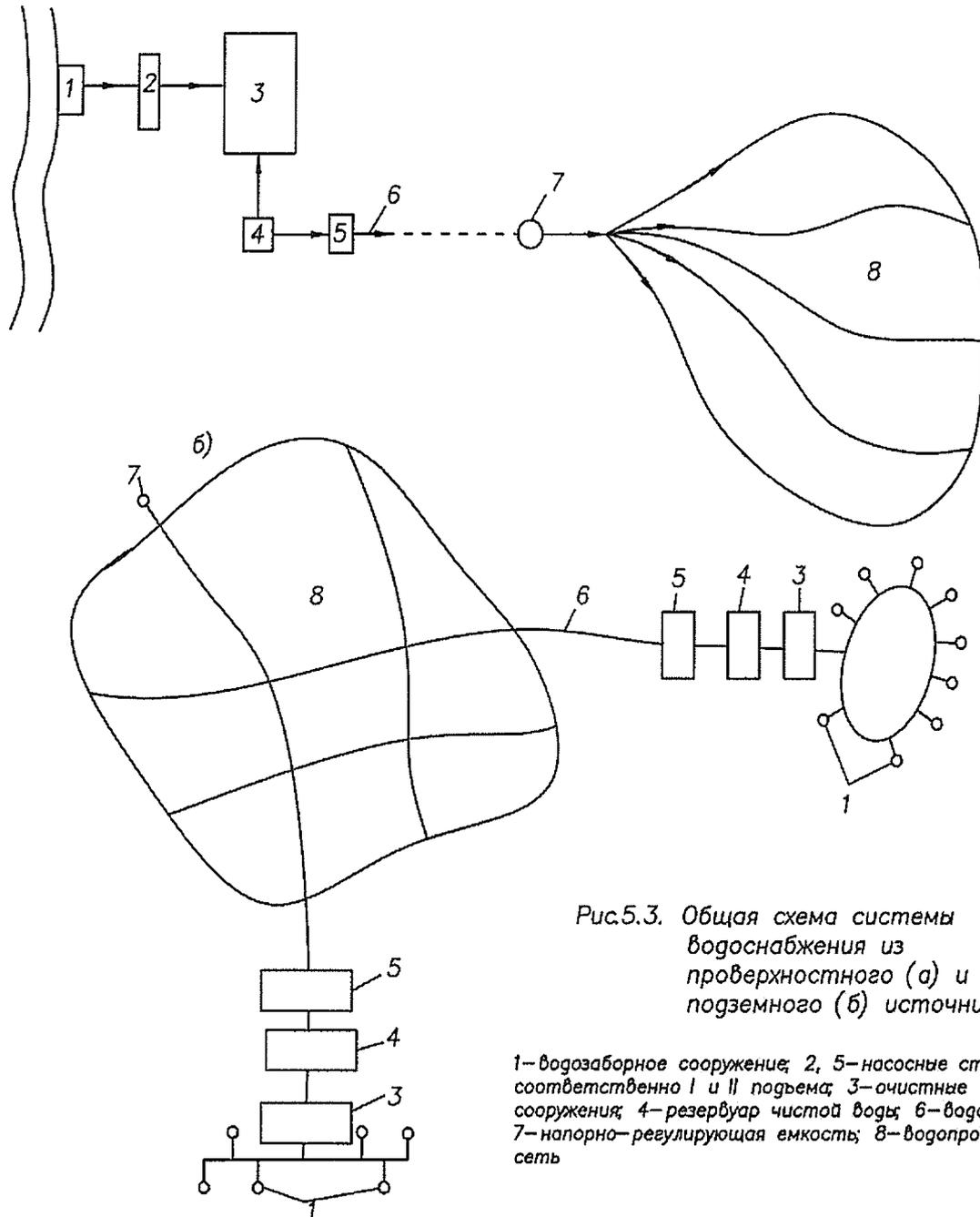


Рис.5.3. Общая схема системы водоснабжения из поверхностного (а) и подземного (б) источников

1—водозаборное сооружение; 2, 5—насосные станции соответственно I и II подъема; 3—очистные сооружения; 4—резервуар чистой воды; 6—водоводы; 7—напорно-регулирующая емкость; 8—водопроводная сеть

Рис. 5.3. Общая схема системы водоснабжения из поверхностного (а) и подземного (б) источников:

1 – водозаборное сооружение; 2, 5 – насосные станции соответственно I и II подъема; 3 – очистные сооружения; 4 – резервуар чистой воды; 6 – водоводы; 7 – напорно-регулирующая емкость; 8 – водопроводная сеть

Если источник водоснабжения расположен выше отметок снабжаемой водой территории, то появляются предпосылки для подачи воды потребителю

самотеком. К таким источникам относятся горные водохранилища и ключи, а также напорные артезианские воды. При этом отпадает необходимость устройства насосных станций, перекачивающих воду от источника питания до потребителя [48]. Именно такие сооружения были построены для снабжения водой города Алма-Аты из реки Большая Алма-Атинка (г. Алма-Аты снабжается водой из подземных и поверхностных источников) [71].

Промышленное водоснабжение. Вода в промышленности используется как *сырье* при получении различных продуктов, таких как кислоты, спирты и т. д.; в качестве *разбавителя* и *растворителя* используется при выщелачивании и кристаллизации. Вода является *теплоносителем* или *охладителем* в различных технологических процессах; служит *рабочей средой* в гидравлических устройствах является *моющим средством* при промывке сырья, тары, готовых изделий. На каждом предприятии вода используется также в непромышленных целях: для удовлетворения потребностей персонала, противопожарной безопасности, обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий и т. п.

Для крупных промышленных объектов требуемое большое количество воды, водных ресурсов часто оказывается недостаточным. Место расположения предприятий диктуется источниками сырья или месторождением полезных ископаемых, используемых непосредственно в производстве. При выборе места строительства нового предприятия всегда необходимо произвести технико-экономический расчет в сравнении с другими вариантами выбора наиболее дешевого транспортирования сырья либо водных ресурсов.

При выборе площадки под строительство промышленного объекта следует учитывать его возможное влияние на природные водоемы. Без такого предварительного анализа может возникнуть сложная ситуация, подобная ситуации с построенным целлюлозно-бумажным комбинатом (ЦБК) на берегу озера Байкал. Сточные воды комбината после очистки сбрасывались в Озеро и ухудшали качество воды, изменяя флору и фауну уникального водного объекта.

Поэтому специалисты должны были решать альтернативные, значительно удорожающие варианты: либо транспортировка сточных вод на дальние расстояния, либо перепрофилирование производства этого завода.

Дефицит водных ресурсов и необходимость резкого уменьшения стоков обуславливают необходимость широкого применения в производстве оборотного водоснабжения и повторного использования воды. Рационализацию использования природной воды в производстве может в ряде случаев обеспечить создание полностью замкнутых циклов водооборота.

Системы водоснабжения рекомендуется создавать с *оборотом воды или в виде замкнутых циклов для отдельных цехов*. На промышленном предприятии следует предусматривать строительство локальных очистных сооружений для очистки стоков, охлаждения оборотной воды, обработки и повторного использования сточных вод. Последовательное и прямоточное использование воды на производственные нужды со сбросом очищенных сточных вод в водоем допускается только при невозможности или нецелесообразности применения ее в системе оборотного водоснабжения.

Эффективность использования водных ресурсов как при создании территориально-производственного комплекса, так и при развитии народного хозяйства характеризует следующие критерии: удельная норма потребления воды для создания единицы продукции; потребление свежей воды; количество воды, находящейся в обороте; количество сточных вод, поступающих в водные объекты; условное количество загрязнений в сбрасываемых стоках; возврат сточных вод в производство; воздействие водохозяйственного комплекса на окружающую природную среду; рекреационный потенциал водного объекта; продуктивность рыбохозяйственного комплекса; уровень перевозок водным транспортом; защита объектов от антропогенной деятельности; технологическая, социологическая и экономическая эффективность и др.

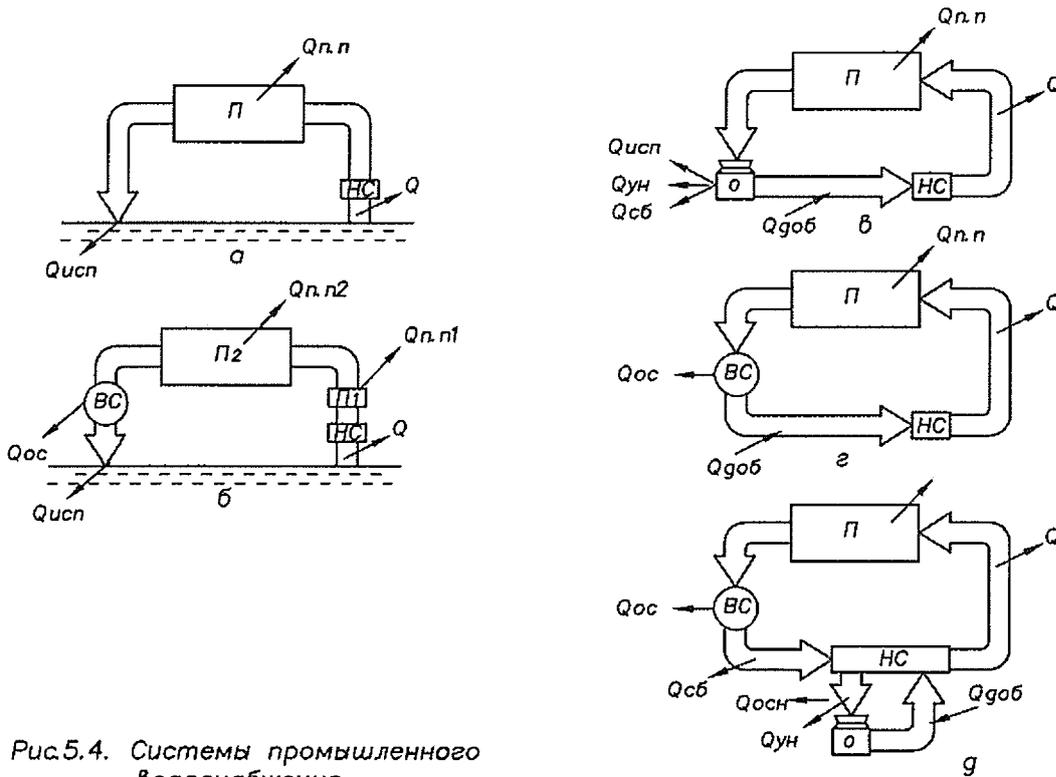


Рис.5.4. Системы промышленного водоснабжения

а–прямоточная; *б*–прямоточная с последовательным использованием воды; *в*–охлаждающая система оборотного водоснабжения; *г*–технологическая система оборотного водоснабжения; *д*–смешанная охлаждающая и технологическая система оборотного водоснабжения; П, П1, П2 – производства; НС–насосная станция; ВС–сооружения по очистке воды из источника и сточной воды; О–охладитель; Q–полный расход воды; Q_{п.п}–расход воды, теряемый с промышленной продукцией (безвозвратное водопотребление); Q_{исп}–расход при испарении воды; Q_{ун}–расход при уносе воды; Q_{сб}–расход сбросных вод; Q_{доб}–расход добавляемой (свежей) воды; Q_{ос}–расход воды на собственные нужды очистных сооружений

Эффективность использования воды на промышленных предприятиях оценивается тремя показателями:

– техническое совершенство системы водообеспечения оценивается количеством использования оборотной воды $K_{об}$, %:

$$K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_c} 100, \quad (5.1)$$

где $Q_{об}$, $Q_{ист}$, Q_c – количество воды, используемой соответственно в обороте, забираемой из источника и поступающей в систему водообеспечения с сырьем;

– рациональность использования воды, забираемой из источника, оценивается коэффициентом использования $K_{ис}$:

$$K_{ис} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c} < 1; \quad (5.2)$$

– потери воды, %, определяют по формуле:

$$K_{\text{пот}} = \frac{Q_{\text{ист}} + Q_c + Q_{\text{сбр}}}{Q_{\text{ист}} + Q_c + Q_{\text{посл}} - Q_{\text{об}}} 100, \quad (5.3)$$

где $Q_{\text{посл}}$ – количество воды, используемой в производстве последовательно.

Дефицит пресной воды требует кардинального изменения технологических схем производства, широкого внедрения маловодных и безводных схем, а также создания замкнутых безотходных производственных циклов.

Наиболее характерная схема водоснабжения промышленного узла показана на рис 5.5 [4].

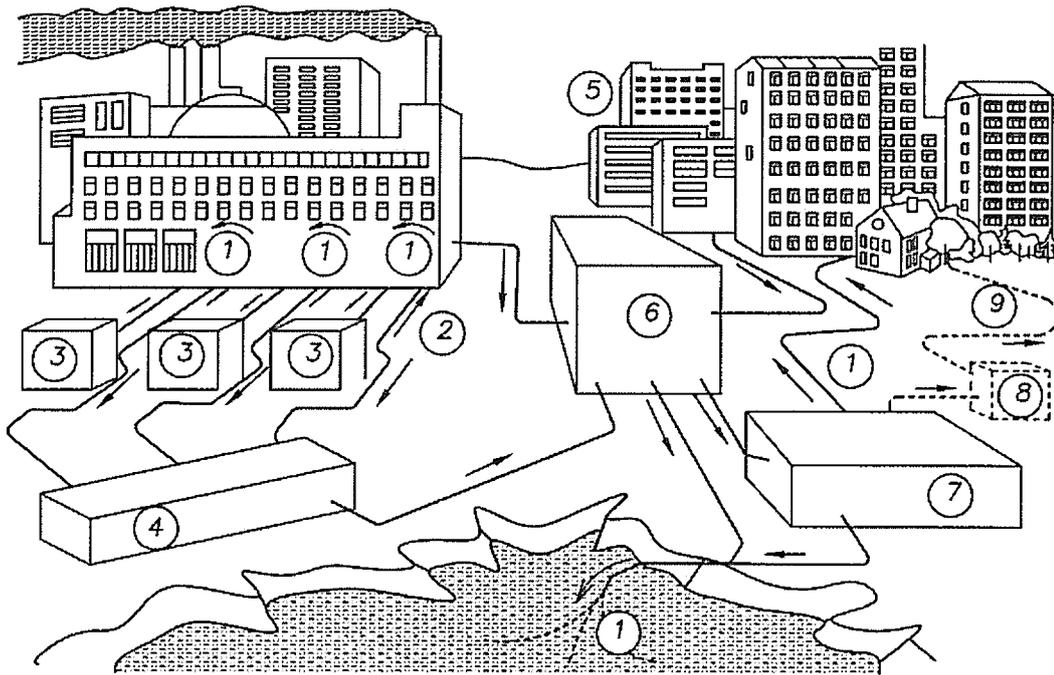


Рис.5.5. Схемы оборотного промышленного и городского водоснабжения:

1–цех; 2–внутрицеховое оборотное водоснабжение; 3–локальное (цеховое) очистное сооружение, включая утилизацию вторичных отходов; 4–общезаводские очистные сооружения; 5–город; 6–городские сооружения по очистке сточных вод; 7–третичные очистные сооружения, включающие доочистку предварительно очищенных сточных вод; 8–закачка очищенных сточных вод в подземные источники; 9–подача очищенных вод в городскую систему водоснабжения; 10–рассеивающий выпуск очищенных сточных вод в водоем.

Рациональное использование водных ресурсов на промышленном предприятии характеризуют следующие факторы:

- объем применения безводных технологий производства;

- размещение производств, обеспечивающее последовательное многократное использование воды в технологических процессах;
- уровень совершенства локальной очистки сточных вод;
- разделение водохозяйственной системы на группы локальных замкнутых систем технического водоснабжения, позволяющих осуществлять очистку сточных вод в соответствии с требованиями оборотного водоснабжения, включая санитарно-гигиенические и технологические показатели;
- оптимизация процессов водообеспечения и водоочистки (подача и распределение воды для технологических операций производства, регенерация отработанных растворов, извлечение из сточных вод и утилизация ценных продуктов из отходов производства, создание локальных систем оборотного водоснабжения, обработка оборотной воды, обезвреживание осадков и их утилизация и др.);
- полнота использования водных ресурсов промышленного узла, включающего применение сточных вод города и промышленных предприятий на сельскохозяйственных полях орошения и других объектах [4].

Многообразие промышленных производств обуславливает разнообразие водосберегающих мероприятий (рис. 5. 6), позволяющих сократить удельный расход воды (на единицу выпускаемой продукции) и расход свежей воды.

Первоначальным этапом разработки рациональных систем водообеспечения промышленных предприятий является совершенствование маловодных технологий производств. Вода на предприятии используется на различные цели. Из всего многообразия функций использования водных ресурсов в промышленных технологиях наибольшее количество воды используется в качестве хладагента (70 %), экстрагента (15...20 %), транспортирующего агента (10... 15%).

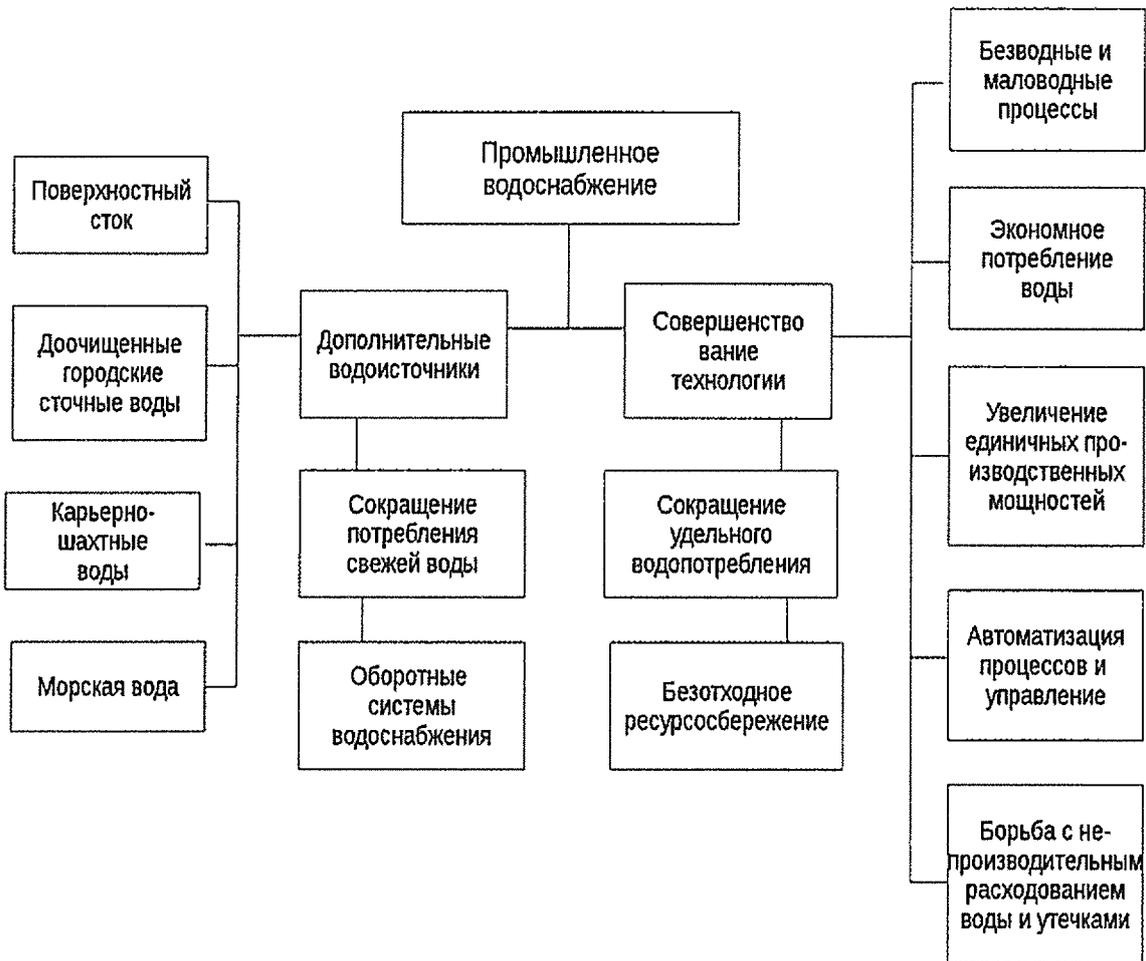


Рис. 5.6. Структура водосберегающих мероприятий

Водосберегающие мероприятия разрабатывают в зависимости от функционального использования воды. Замена водяного охлаждения воздушным, применение систем и сооружений сухой очистки газов и воздуха аспирационных систем от пыли, испарительного и форсуночного охлаждения, противоточно-каскадных систем промывки, пневмо-гидравлических систем транспортирования и другие технические решения позволяют сократить удельное потребление воды в среднем на 20...30 %. Большое значение для этого имеет развитие систем автоматического контроля и управления процессом водопотребления, укрупнения единичных мощностей и агрегатов, борьба с потерями и утечками, за счет которых может быть на 10... 15 % сокращено потребление воды.

Потребление воды из природных источников можно сократить в результате многократного ее использования в промышленности и привлечения очищенных или частично очищенных сточных вод. При применении сточных вод требования к качеству используемой воды по существу определяют необходимую степень очистки и, следовательно, обуславливают затраты на их подготовку.

Наличие химического и микробиологического загрязнения в сточных водах определяет необходимость обоснования санитарно-гигиенических требований, исключающих неблагоприятное влияние этих факторов на состояние окружающей среды и здоровье человека.

При решении проблемы целесообразности создания систем водообеспечения промышленных предприятий с многократным использованием воды в технологических процессах важнейшее значение имеет установление закономерностей формирования ее состава и свойств. Возможность прогнозирования состава позволит определить условия использования воды, обеспечивающие технологические и санитарно-гигиенические требования к ее свойствам, и разработать комплекс управления системой многократного использования воды в технологических процессах.

Одним из эффективных водосберегающих мероприятий в промышленности является внедрение оборотных систем водоснабжения, которые позволяют существенно снизить забор свежей воды и сократить сброс отработанных вод в водоемы. При создании этих систем необходимо учитывать не только техническую и экономическую стороны проблемы, но и экологическую.

Технический аспект проблемы интенсификации работы охлаждающих систем оборотного водоснабжения заключается в надежном предотвращении солевых и механических отложений, коррозии и биологических обрастаний. Среди экологических аспектов при внедрении этих систем особенно важно учитывать вынос капельной влаги из градирни и сброс части оборотной воды из

системы. Количество загрязнений, выносимых из оборотной системы, зависит от режима ее работы. С увеличением коэффициента упаривания общее количество выносимых загрязнений сокращается. При этом вынос загрязнений с капельной влагой увеличивается пропорционально этому коэффициенту, а количество загрязнений, выносимых из оборотной системы продувочной водой, уменьшается. В экстремальных условиях, при беспродувочном режиме, влияние оборотной системы на окружающую среду проявляется в виде рассредоточенного выноса загрязнений в атмосферу посредством капельной влаги. Вынос капельной влаги регламентируется безопасным уровнем воздействия, а количество загрязнений, отводимых продувочной водой, — соответствующими нормативами в зависимости от принятой схемы ее водоотведения.

Рассмотрение всей совокупности технических и экологических аспектов указывает на необходимость комплексного решения проблемы интенсификации работы оборотных систем.

Потери воды из системы оборотного водоснабжения складываются из безвозвратных потерь – уноса с продуктом или отходами; расходов на полив полов, проездов, насаждений; испарений в охладителе оборотной воды; естественного испарения с водной поверхности; транспирации растительностью водоема; фильтрации из системы водоснабжения в почву; сброса воды в водоемы для освежения оборотной воды (продувка); сброс сточных вод в водоем.

В процессе многократного использования воды ухудшается ее качество. Механические грубодисперсные примеси, попадающие в систему оборотного водоснабжения, могут циркулировать в ней и частично осаждаться. Основным источником загрязнения грубодисперсными примесями является вода поверхностных источников, поступающая для восполнения потерь в системе [4].

Для удаления грубодисперсных примесей из добавочной воды, как правило, применяют обычные водопроводные очистные сооружения:

отстойники или осветлители и фильтры с песчаной загрузкой. При отстаивании или фильтровании в воду могут добавляться коагулянты и флокулянты. Вода может использоваться для подпитки без всякой очистки.

Иногда для вывода из оборотной системы взвешенных грубодисперсных примесей применяют осветление части оборотной воды на байпасе с помощью сетчатых или безздвижных напорных песчаных фильтров. На осветление в таких случаях подается часть оборотной воды (5-15 %). При высоких концентрациях грубодисперсных примесей, достигающих нескольких тысяч мг/л, целесообразно применять напорные гидроциклоны [72].

Сельскохозяйственное водоснабжение включает обеспечение водой сельских населенных пунктов, животноводческих комплексов и ферм, гаражей и ремонтных мастерских, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, а также полевое и пастбищное водоснабжение. В сельскохозяйственном водоснабжении безвозвратные потери воды достигают 50 и более процентов. При централизованном водоснабжении сельских населенных пунктов безвозвратные потери снижаются.

Наибольшее количество воды безвозвратно теряется в *орошаемом земледелии*. В разных регионах мира в зависимости от состава сельскохозяйственных культур и биоклиматических условий на орошение земель расходуется от 500 до 15000 м³ на 1 гектар. В целом на нашей планете безвозвратные потери в орошении составляют около 85 % от всего безвозвратного водопотребления [7]. Количество теряемой воды зависит от режима и техники полива, т.е. от способа орошения. Оросительные системы подразделяются на три основные группы:

- полив по бороздам;
- дождевание;
- «капельное» орошение.

Первый способ известен с древних времен. Он самый дешевый, но требует огромного количества воды, незначительная часть которой усваивается растениями, а остальная теряется на испарение и фильтрацию.

Второй способ получил наибольшее распространение в мире, но и при этом способе полива значительное количество воды теряется на испарение.

Третий способ является самым прогрессивным, при котором к растению подается то количество воды, которое растением потребляется. Суть капельного орошения состоит в подаче воды с помощью трубок малого диаметра (0,5...2,0 см), из которых она через специальные капельницы поступает к растениям. При значительном эффекте с точки зрения экономии воды системы капельного орошения требуют огромных материальных затрат. Поэтому они используются только в тех регионах мира, где имеется острый дефицит водных ресурсов.

Вода теряется не только в распределительной сети оросительных систем, но и при ее транспортировке от водоисточника до орошаемых площадей. При подаче воды по необлицованным каналам эти потери значительны. К примеру, по трассе Каракумского канала теряется около 25 % воды, забираемой из Амударьи.

Увлажнение осушаемых земель осуществляется системами двустороннего регулирования водного режима. В маловодные годы и периоды с помощью шлюзов-регуляторов вода задерживается в осушительных каналах и используется для увлажнения осушаемых площадей. Эти системы наиболее эффективны в комплексе со стокорегулирующими водохранилищами. К недостаткам осушительно-увлажнительных систем следует отнести значительные непроизводительные потери воды и неравномерность увлажнения на площадях, ограниченных заполненными водой осушительными каналами: на примыкающие к каналам территории может поступать избыточное, а на удаленные от каналов – недостаточное количество воды.

Для нужд **рыбного прудового хозяйства** вода забирается в весенний (обычно многоводный) период года и аккумулируется в специальных прудах, используемых для выращивания рыбы. По окончании вегетационного периода пруды опорожняются (полностью или частично). Таким образом, режим водоподдачи чаще всего не входит в противоречие с требованиями других, ранее упомянутых водопользователей. В то же время развитие рыбного прудового

хозяйства связано с достаточно большими потерями воды на испарение с поверхности прудов, что необходимо учитывать в водохозяйственных балансах.

5.1.3. Водоотведение

Отводимые загрязненные воды подразделяются на:

- коммунально-бытовые;
- производственные;
- сельскохозяйственные;
- талые, дождевые и поливо-моечные;
- шахтно-рудничные и карьерные;
- коллекторно-дренажные;
- балластные.

С хозяйственно-бытовыми сточными водами отводятся фекалии, остатки пищи, мелкий мусор, растворенные соли и другие загрязняющие вещества. Для этих вод характерна бактериологическая загрязненность, в том числе возбудителями различных заболеваний. Поэтому в крупных городах, как правило, осуществляется полная биологическая очистка всех или большей части сточных вод. Во многих случаях коммунально-бытовые сточные воды очищаются совместно с производственными, предварительно очищенными на локальных очистных сооружениях. Для эффективной работы станций полной биологической очистки концентрации загрязняющих веществ в поступающих на очистку производственных сточных водах не должны превышать установленных нормативов. Если эти нормативы не выдерживаются, требуется или предварительное разбавление чистой водой, или более глубокая очистка производственных сточных вод на локальных сооружениях. Эффективность очистки определяется по соотношению (в процентах) концентраций загрязняющих веществ в неочищенной и очищенной воде. Для полной биологической очистки характерны высокая эффективность очистки от органических и взвешенных веществ (80...95 %) и особенно бактерий

(98...99 %) и сравнительно низкая – от соединений азота, фосфора и тяжелых металлов (40...60 %) [3].

Комплекс инженерных сооружений и санитарных мероприятий, предназначенных для сбора, отвода (транспортирования), пределы обслуживаемых объектов, очистки, обезвреживания, обеззараживания загрязненных сточных вод и выпуска их в водоемы, называется *водоотводящей системой*. Водоотводящие системы также обеспечивают отвод и очистку вод, образующихся вследствие выпадения атмосферных осадков и таяния снега.

Водоотводящая система (рис 5.7) содержит следующие элементы: водоотводящую систему в зданиях и внутриквартальные водоотводящие сети; внешнюю водоотводящую сеть; регулирующие резервуары; насосные станции и напорные трубопроводы; очистные сооружения; выпуски очищенных сточных вод в водоем и аварийные выпуски; дождеприемники; ливнеспуски.

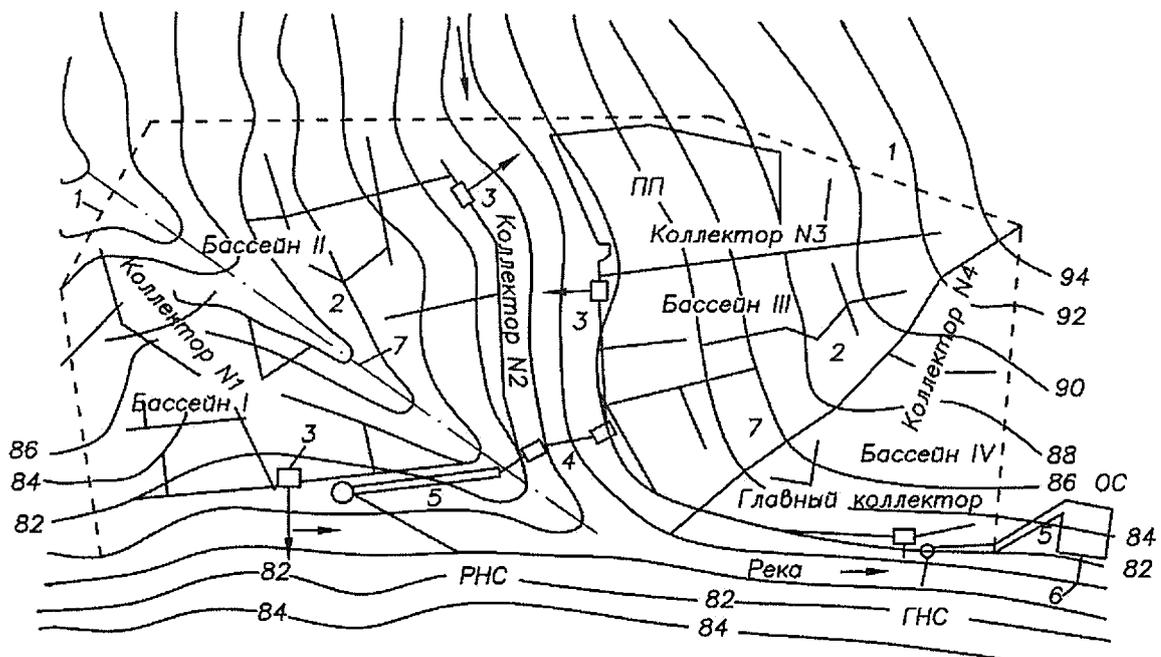


Рис.5.7. Схема водоотведения:

РНС–районная насосная станция; ГНС–главная насосная станция; ОС–очистные сооружения; ПП–промышленное предприятие; 1–граница города; 2–внешняя водоотводящая часть трубопровода; 3–ливнеспуски; 4–люкеры; 5–напорные трубопроводы; 6–выпуск очищенных сточных вод; 7–линия водоразделов

Отличие по составу и свойствам загрязнений бытовых производственных и дождевых сточных вод обуславливает разные методы их очистки, а также необходимость раздельного их отведения.

Системы подразделяются на общесплавные, отдельные и комбинированные. В свою очередь, отдельные системы подразделяются на полные отдельные, неполные отдельные и полусeparные.

Общесплавная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых (рис. 5.8). Общесплавная система имеет на главном коллекторе ливнеспуски, через которые часть смеси сточных вод сбрасывается в водоем. Объем сточных вод и количество загрязнений, сбрасываемых в водоем, ограничиваются расходом воды в реке и ее самоочищающей способностью.

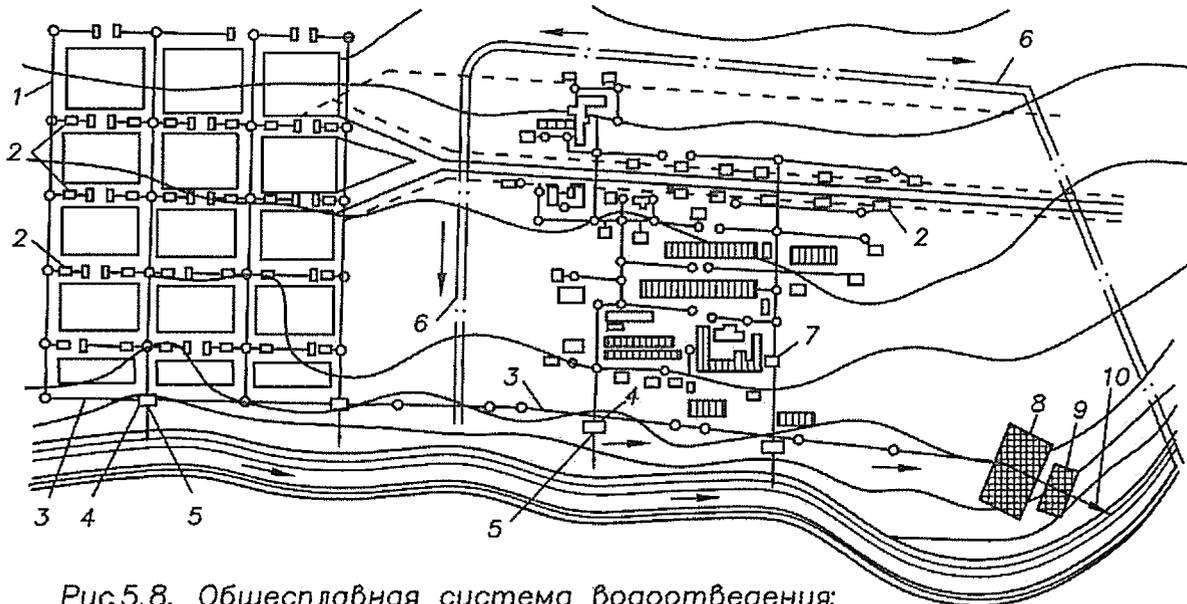


Рис.5.8. Общесплавная система водоотведения:

1—уличная сеть; 2—дождеприемник; 3—главный коллектор; 4—ливнеспуск; 5—ливнеотвод; 6—нагорная канава; 7—заводская сеть; 8—сооружение по очистке сточных вод; 9—сооружения доочистки сточных вод; 10—выпуск

Полная отдельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отвода сточных вод определенного вида (бытовых вод от города, производственных и дождевых вод).

Для очистки производственных сточных вод предусматриваются специальные очистные сооружения. Производственные сточные воды могут очищаться частично или полностью, по этому они либо направляются для

доочистки на очистные сооружения города, либо сбрасываются в водоем. Возможно и повторное использование очищенных вод (частично или в полном объеме). В последние годы в некоторых отраслях промышленности повторно используются дождевые воды. Для этого они должны также подвергаться очистке, которая возможна совместно с очисткой производственных вод. В ряде отраслей промышленности возможно использование очищенных бытовых сточных вод для производственных целей.

Система водоотведения должна обеспечивать очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мытья дорожных покрытий, т. е. не менее 70 % годового стока для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности.

Неполная раздельная система водоотведения имеет лишь одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода загрязненных бытовых и производственных сточных вод и называемую порой производственно-бытовой сетью. Отвод дождевых вод в водоем предусматривается по открытым лоткам, кюветам и канавам. Неполную раздельную систему водоотведения устраивают лишь для небольших объектов.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети — производственно-бытовую и дождевую. В местах пересечения этих сетей устраивают разделительные камеры. При сравнительно малых расходах воды в дождевой сети камеры пропускают весь расход дождевых вод в главный коллектор производственно-бытовой сети; при сравнительно больших расходах они пропускают в производственно-бытовую сеть лишь часть воды, но протекающей по трубам в донной части. При больших расходах воды в дождевой сети (в период сильных ливней) менее загрязненные дождевые воды отводятся в водоем без очистки. Принцип работы разделительной камеры основан на учете различной степени отлета струи воды с уступа при разных

скоростях движения воды в коллекторе при небольшом и значительном наполнениях.

Комбинированной системой водоотведения называют такую систему, при которой обслуживаемый объект в одной части оборудован общесплавной системой, а в другой — полной раздельной системой. Комбинированные системы складывались исторически. В развивающихся городах, имеющих общесплавную систему, часто трубопроводы перегружаются в результате присоединения внутриквартальных сетей от новых зданий. Развитие сети при реконструкции системы водоотведения иногда решает путем строительства новых трубопроводов дождевой сети. Старую же сеть используют как бытовую или производственно-бытовую. Так, в развивающейся части города может сложиться полная раздельная система, а в нереконструируемой — общесплавная система.

Каждая из систем водоотведения имеет достоинства и недостатки. Выбор оптимальной системы водоотведения для объектов с различными конкретными условиями проектирования представляет сложную, но очень важную задачу, решение которой позволяет обеспечить наиболее высокое санитарное состояние обслуживаемого объекта и водоема при минимальных затратах на ее строительство и эксплуатацию.

Система водоотведения характеризуется сбросом загрязняющих веществ в водный объект. Приведенная масса годового сброса загрязнений составляет (усл. т/год):

$$M = \sum_{i=1}^n A_j m_j, \quad (5.4)$$

где n — число видов загрязняющих веществ; A_j — показатель относительной опасности сброса j -го вещества в водоем, усл. т/т (табл. 5.1); m_j — общая масса годового сброса j -го вещества т/год.

Для каждого загрязняющего вещества (усл. т/т)

$$A_j = \frac{C_j}{C_{\text{ПДК}j}}, \quad (5.5)$$

где c_j – условная концентрация j -го загрязняющего вещества; $c_j = l$ г/м; $c_{пдкj}$ – предельно допустимая концентрация j -го вещества в воде, используемой для рыбохозяйственных целей или хозяйственно-питьевого водоснабжения, г/м³.

Ущерб природной среде от сброса в водотоки и водоемы загрязняющих веществ составляет (руб./год):

$$Y_{\text{заг}} = \gamma \sigma M, \quad (5.6)$$

где γ – константа, определяющая удельный ущерб от загрязнения, руб./усл. т; σ – константа, характеризующая состояние водотока; M – приведенная масса годового сброса загрязняющих веществ, усл. т/год. Некоторые значения константы σ приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.1
Значения константы A_j для некоторых распространенных загрязняющих веществ [4]

Вещества	Предельно допустимая концентрация, г/м		Константа A_j , усл. т/т.
	для ведения рыбного хозяйства	для хозяйственно-питьевого водоснабжения	
БПК	3	-	0,33
Взвешенные вещества	20	-	0,05
Сульфаты	-	500	0,002
Хлориды	-	350	0,003
Азот (общий)	-	10	0,1
Нефть и нефтепродукты	0,5	-	2
Медь	0,01	-	100
Цинк	0,01	-	100
Аммиак	0,05	-	20
Мышьяк	0,05	-	20
Цианиды	0,05	-	10
Формальдегиды	0,1	-	10

Производственные сточные воды, в отличие от коммунально-бытовых, весьма разнообразны по составу содержащихся в них загрязняющих веществ. Наибольшие загрязнители водных объектов – предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, нефтеперерабатывающие заводы и химические комбинаты. Самыми распространенными загрязняющими веществами в производственных сточных водах являются нефтепродукты, фенолы и тяжелые металлы. При чрезвычайно большой концентрации этих веществ в неочищенных

производственных сточных водах и их фильтрации в подземные горизонты существует опасность загрязнения подземных водных объектов. Это обстоятельство прежде всего необходимо учитывать при строительстве и эксплуатации водозаборов подземных вод.

Таблица 5.2

Значения константы σ для крупнейших рек Российской Федерации и Казахстана [4]

Реки	Участок реки или бассейна	σ , отн. ед.
Печора	Устье	0,16
Северная Двина	-“-	0,22
Нева	-“-	0,47
Дон	-“-	1,63
Волга	Цимлянский гидроузел	1,13
	Устье р. Оки	2,6
	район Кубышева	0,8
Кубань	Устье	2,6
Терек	-“-	2,37
Урал	район Уральска	2,7
Обь	район Новосибирска	0,34
Иртыш	район Павлодара	2,1
Енисей	район Красноярска, устье	0,19
Лена	район Якутска	0,15
Амур	Устье	0,19
Реки Кольского п-ва	-“-	0,95

Подогретые сточные воды тепловых и атомных электростанций являются источниками теплового загрязнения рек и водоемов. Повышение температуры природных вод приводит к нарушению газового режима, снижению концентраций кислорода, увеличению содержания органических веществ и аммонийного азота, эвтрофикации водоемов, а также к уменьшению численности и даже гибели некоторых видов рыб [73].

Сельскохозяйственные сточные воды включают хозяйственно- бытовые сточные воды сельских населенных пунктов, производственные сточные воды предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и стоки животноводческих комплексов. К отдельно рассматриваемым

рассредоточенным источникам загрязнения относится смыв с сельскохозяйственных полей ядохимикатов и минеральных удобрений.

В животноводческих комплексах накапливается значительное количество навоза, который в случае отсутствия или нарушения специальной технологии хранения и использования может быть опасен для подземных и поверхностных водных объектов. Поэтому в последние годы во многих европейских странах особое внимание уделяется разработке и внедрению эффективных технологий по утилизации, очистке и использованию стоков животноводческих комплексов, в том числе по использованию этих стоков для создания биогазовых установок.

Талые, дождевые и поливочные воды смывают с городских территорий и выносят в гидрографическую сеть мусор и опавшую листву, продукты разрушения дорожных покрытий, частицы грунта, нефтепродукты и другие загрязняющие вещества от транспорта, выпавшие из атмосферы аэрозоли и т.д. В короткий промежуток времени, когда происходит вынос загрязняющих веществ с талыми, дождевыми и поливочными водами, масса этих веществ может превышать общее количество загрязнений, содержащихся в коммунально-бытовых и производственных сточных водах. Кроме того, ливневые коллекторы, как правило, имеют выпуски в водные объекты в черте города, т.е. практически в створе водопользования, что усугубляет экологическую ситуацию. Перечень загрязняющих веществ, выносимых поверхностным стоком с урбанизированной территории, весьма широк и сильно отличается для талых, дождевых и поливочных вод. Здесь сказываются как природные, так и антропогенные факторы. К последним относятся: благоустройство территории, количество и интенсивность движения транспорта, производственная ориентация промышленных предприятий и т.д. По условиям формирования загрязненного поверхностного стока его можно разделить на две основные категории:

- сток с селитебной территории;
- сток с площадок промышленных предприятий.

Сток с селитебной территории характеризуется повышенным содержанием взвешенных веществ, нефтепродуктов и растворимых примесей в виде солей органического происхождения, особенно азота и фосфора. Поверхностный сток с промплощадок по своему составу может существенно отличаться в зависимости от технологии производства, организации складского хозяйства, наличия локальных очистных сооружений, схемы водоотведения и других производственных факторов. Диапазон загрязняющих веществ в этом стоке чрезвычайно широк.

Концентрация *взвешенных веществ* в дождевых, талых и поливочных водах в несколько раз выше, чем в бытовых, и может достигать 2000...2500 мг/дм³ [74]. При залповых сбросах грубодисперсных примесей происходит частичное их осаждение в створе ливневыпуска и ниже по течению. Это вызывает заиливание водного объекта, препятствует нормальному протеканию биологических процессов на дне водоприёмника.

Основными источниками загрязнения поверхностного стока *органическими веществами* являются оседающие аэрозоли, продукты неполного сгорания топлива и вещества, вымываемые из почвы. Содержание в поверхностном стоке органических биохимически окисляемых веществ по БПК₅ достигает 150...350 мг/л.

Нефтепродукты существенно влияют на кислородный режим водного объекта. Кроме того, образуемая на водной поверхности пленка препятствует процессу реэрации водного объекта. Загрязнение поверхностного стока нефтепродуктами чаще всего происходит по непредвиденным причинам, в основном обусловленным неудовлетворительным состоянием и экологически неправильной эксплуатацией транспортных средств. По данным экспериментальных исследований Н.А. Правошинского, для средних городских условий содержание нефтепродуктов в дождевых, талых и поливочных водах может превышать 25 мг/л.

Серьезная опасность загрязнения водных объектов талыми, дождевыми и поливочными водами уже осознана, и во многих странах мира осуществляются мероприятия по очистке этих вод и их отведению за пределы города или за пределы водных объектов особой экологической значимости.

Шахтно-рудничные и карьерные воды являются одним из основных источников загрязнения рек и водоёмов в районах концентрации горной и нефтедобывающей промышленности. Эти воды обладают высокой минерализацией (до 30 г/л), мутностью, повышенной кислотностью, щелочностью и жесткостью. Откачиваемые из глубоких подземных горизонтов подземные воды должны учитываться в приходной части водохозяйственного баланса. В то же время откачка подземных вод в местах горных выработок приводит к образованию депрессионных воронок, усыханию колодцев, а при наличии гидравлической связи подземных вод с речными – к уменьшению водности рек. Таким образом, чаще всего в районе откачки подземных вод водность рек уменьшается, а ниже створа сброса шахтно-рудничных вод – увеличивается. Например, в годовом стоке рек Миус, Кальмиус и Крынка (Приазовье) на долю шахтных вод приходится 30... 35 %.

Коллекторно-дренажные воды подразделяются на возвратные воды оросительных систем и коллекторно-дренажные воды осушительных систем. Первые оказывают прямое воздействие на водный режим и учитываются в водно-балансовых расчетах. Их доля составляет от 2 до 70 % от объема забора воды на орошение (в среднем – 30-35 %). Минерализация и солевой состав этих вод значительны и могут достигать более 20 г/л. Оказывающие лишь косвенное влияние на водный режим коллекторно-дренажные воды осушительных систем в балансовых расчетах, как правило, не учитываются. В то же время следует иметь в виду, что в первые годы своего существования эти воды обогащены взвешенными и биогенными веществами вследствие разложения органических веществ, в частности торфа.

Коллекторно-дренажные воды оросительных систем часто отводятся в понижениях местности, в результате чего образуются довольно значительные

по размеру и объему воды озера. В настоящее время запасы воды в озере Сарыкамыш, образованном за счет отводимых по старому руслу Амударьи (по коллектору Дарьялык) коллекторно-дренажных вод, сопоставимы с объемом Аральского моря. Значительное количество воды аккумулировано в Арнасайских озерах, служащих приемником коллекторно-дренажных вод в бассейне Сырдарьи.

Балластные и мочные воды различных судов обычно доставляются на береговые и плавучие станции очистки. Пассажирские суда оборудуются установками по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод и сжиганию мусора. Объемы балластных вод сравнительно невелики, однако они могут стать источником биологического загрязнения.

5.1.4. Водопользование без изъятия воды из водных объектов

Использование воды без её изъятия из источника всегда имеет комплексный характер. Один и тот же источник может использоваться для:

- выработки электроэнергии;
- пассажирских и грузовых перевозок;
- рыбного хозяйства;
- лесосплава;
- отдыха, спорта и туризма;
- санитарного благоустройства;
- трансграничного водопользования.

Некоторые водопользователи могут предъявлять совершенно противоположные требования к водному режиму природного источника. Сглаживание этих противоречий и по возможности одновременное удовлетворение запросов всех водопользователей - одна из главных задач рационального использования и охраны водных ресурсов.

Гидроэлектростанциями (ГЭС) вырабатывается самая дешевая электроэнергия в мире. Плотины ГЭС позволяют регулировать речной сток в

интересах ряда других водопользователей. В то же время развитие гидроэнергетики имеет и негативные последствия, к которым относятся следующие:

- строительство ГЭС сопровождается созданием водохранилищ, т.е. увеличением испарения с водосборной площади. Разность между испарением с водной поверхности и с поверхности суши следует частично или полностью (при отсутствии других участников водохозяйственного комплекса) квалифицировать как *безвозвратное водопотребление гидроэнергетики*, отрицательно сказывающееся на водохозяйственном балансе речного бассейна или его участка;
- отчуждение значительных площадей плодородных пойменных земель;
- снижение водообмена, уменьшение скоростей течения воды, отложение влекомых и взвешенных твердых частиц, следствием чего является заиливание природных водных объектов;
- подтопление земель вблизи водохранилищ: общая площадь подтопления находится в пределах 3... 15 % от площади водохранилища ГЭС;
- изменение гидрологического режима рек, приводящее (особенно в первые годы эксплуатации ГЭС) к переформированию (размыву) русл и берегов в нижнем бьефе;
- интенсификация сейсмических процессов вследствие повышенного давления водных масс на ложе водохранилища;
- ухудшение качества воды в самих водохранилищах из-за увеличения количества органических веществ, обусловленных ушедшими под воду деревьями, гумусом почв, растительными остатками и т.д.;
- гибель части гидробионтов: в турбинах ГЭС разрушается, гибнет и травмируется от 75 до 85 % фито- и зоопланктона; при этом разрушается кормовая база рыб, большая масса погибшего планктона загрязняет воды органикой, вблизи плотин интенсифицируются процессы гниения;
- нарушение путей миграции рыб, разрушение нерестилищ и кормовых угодий;

- аккумуляция тяжелых металлов и радионуклидов в верхнем бьефе ГЭС;
- усиление прогрева воды, т.е. интенсификация процессов теплового загрязнения;
- изменение погоды (не всегда в положительную сторону) в прибрежной зоне водохранилищ ГЭС вследствие различий тепловых балансов водохранилищ и прилегающих территорий.

Несмотря на приведенные выше негативные последствия, гидроэнергетика является эффективным участником водохозяйственного комплекса, поскольку наряду с производством дешевой электроэнергии, позволяет:

- предотвращать или существенно снижать затопление территорий ниже плотин водохранилищ путем аккумуляции воды в период катастрофических расходов («срезать» пики паводков);
- увеличивать глубину воды для водного транспорта и обеспечивать водозабор для других водопользователей в меженный (маловодный) период;
- создавать благоприятные условия водозабора из верхнего бьефа (уменьшение высоты необходимого подъема воды и улучшение её качества за счет отстоя в водохранилище);
- использовать акваторию водохранилищ ГЭС для разведения рыбы, создания зон отдыха, спорта и туризма;
- осуществлять попуски воды в интересах водопользователей, расположенных ниже по течению (в том числе в интересах других государств).

Учитывая сравнительно высокую степень современного освоения гидроэнергетических ресурсов нашей планеты, в перспективе следует ожидать, что мировое производство электроэнергии гидроэлектростанций не превысит 5 % от общей потребности в электроэнергии. Однако использование ГЭС в качестве источника маневренных мощностей (для срезки пика графика нагрузки) будет возрастать.

Водный транспорт и лесослав требуют обеспечения судоходных и сплавных глубин. Это возможно путем проведения дноуглубительных работ,

спрямлением участков рек и сооружением струенаправляющих дамб, а также специальными попусками через сбросные отверстия плотин водохранилищ. Водный транспорт и лесосплав являются самыми дешевыми видами транспорта. В то же время их развитие противоречит интересам рыбного хозяйства и рекреации. Судовые волны разрушают берега. Шум работающих двигателей отпугивает рыбу, оглушает мальков. Плывающие по реке плоты и отдельные бревна обдирают берега, преграждают путь рыбе к нерестилищам, иногда травмируют её. Сплаваемый и затонувший лес выделяет в воду токсические вещества, в процессе гниения расходует кислород. Кроме того, любое речное или морское судно является загрязнителем водной среды. Особую опасность представляет нефтяное загрязнение. Во время транспортировки нефти теряется до 0,6 % перевозимого объёма. Аварии на нефтяных танкерах все чаще становятся настоящим бедствием прибрежных зон во многих регионах мира.

Для прохода судов сооружаются камерные шлюзы или судоподъемники. Через судоходные шлюзы может осуществляться и пропуск леса. Согласование режимов водного транспорта, лесосплава, гидроэнергетики и рыбного хозяйства представляет сложную проблему, решаемую специальными технико-экономическими расчетами [75].

Рыбное хозяйство предъявляет самые высокие требования к водному режиму и качеству вод. И это не удивительно, так как водные объекты являются для рыб средой постоянного обитания. Как правило, рыбное хозяйство нуждается в сохранении водного режима, близкого к естественному. Низовья рек активно используются проходными и полупроходными рыбами для нереста и как пути миграции, поэтому весьма важно обеспечивать необходимый весенний рыбохозяйственный попуск из водохранилищ комплексного назначения. Но эти требования вступают в противоречие с интересами гидроэнергетики, орошения, водного транспорта и других участников водохозяйственного комплекса. Приходится находить компромиссные решения и регламентировать объемы необходимого пропуска в зависимости от

прогнозируемого объема половодья и запасов воды в водохранилище на начало весеннего периода.

Использование водных объектов для *рекреационных целей, т.е. отдыха, спорта и туризма*, приобретает все большее распространение в мире. Многие санатории, туристические базы и отели находятся на берегах рек и водоемов или недалеко от них.

Для каждого вида рекреации приоритетным может быть тот или иной природный фактор: для купания – температура и скорость течения воды, а также её качество, для водного транспорта – продолжительность безледоставного периода и глубина воды, для отдыха на пляжах – интенсивность переработки берегов и т.д.

Существует ряд предложений по качественной (балльной) оценке рекреационных условий водных объектов. Разработаны также нормативы допустимой рекреационной нагрузки [76], поскольку рекреационное использование водного объекта связано с рядом отрицательных последствий, главное из которых - возможность микробиологического загрязнения.

Для обеспечения *санитарного благоустройства* в водном объекте должен поддерживаться минимальный расход воды, предотвращающий заиление и зарастание русл, пересыхание участков реки или её исчезновение как элемента природного ландшафта. Определенный расход воды необходим также для приема сточных вод. Он устанавливается из условия, что после смешения сточных вод с речными концентрации загрязняющих веществ ниже створа сброса (в контрольном створе водопользования) не должны превышать предельно допустимых.

Указанный минимальный расход должен обеспечивать водопользование на расположенных ниже по течению участках речного бассейна, в том числе на территории других государств.

Величина минимально необходимого транзитного пропуска на территорию другого государства должна устанавливаться согласно двусторонним (или многосторонним) межгосударственным соглашениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии рассмотрены вопросы состояния водных ресурсов и безопасного водопользования. Дана характеристика водных ресурсов крупных рек Мира и Европы. Приводятся сведения о водообеспеченности отдельных стран Мира и данные о площадях водосбора наиболее крупных рек, водообеспеченности территорий и населения в различных частях света. Показано влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и особенности формирования качества природных вод под воздействием факторов естественного и антропогенного происхождения. Дана классификация вод по интегральным и физико-химическим показателям. Исходя из того, что на качество вод оказывает влияние поступление в водоемы значительного количества биогенных веществ и антропогенное эвтрофирование отрицательно влияет на водные экосистемы, даются характерные сведения о экологических последствиях загрязнения гидросферы. Основной задачей в монографии является освещение водно-экологических проблем на примере Российской Федерации и Республики Казахстан, а также особенностей использования и охраны водных ресурсов. Общими проблемами являются: нерациональное использование водных ресурсов, наличие в отдельных регионах дефицита пресной воды, высокий уровень антропогенного воздействия, применение устаревших водоемких технологий, значительные потери воды при транспортировке, несоответствие качества питьевой воды, потребляемой значительной частью населения, гигиеническим нормативам и отсутствие эффективных экономических механизмов, стимулирующих активное внедрение водосберегающих технологий производства, оборотных и замкнутых систем водоснабжения.

В работе уделено особое внимание системам водоснабжения и водоотведения, т.к. от их совершенства зависят экологические и экономические показатели всего водного хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Шевцов М. Н. Организация устойчивого водопользования в условиях чрезвычайных ситуаций на водных объектах // Двадцать лет развития Казахстана – путь к инновационной экономике: достижения и перспективы: материалы Международной конференции, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан, 24,25 нояб. 2011 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011 – ч. III, с 233-237.
2. Шахов И. С. Водные ресурсы и их рациональное использование. Екатеринбург, 2000. -289 с.
3. Колобаев А. Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов: учебное пособие/ – Минск: БНТУ, 2005. -172 с.
4. Комплексное использование водных ресурсов: учеб. пособие/ С. В. Яковлев, И. Г. Губий, И. И. Павлинова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 383 с.
5. Владимиров А. Н. Гидрологические расчеты: учеб. для вузов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
6. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981. – 255 с.
7. Шикломанов И. А., Бабкин В. Н., Балашникова Ж. А. Глобальные водные ресурсы и водопотребление //Вода: экология и технология: сборник материалов 5-го Международного конгресса. – М., 2002. – С. 49-50.
8. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
9. Рациональное использование водных ресурсов: учеб. для вузов / С. В, Яковлев, И. В. Прозоров, Е. Н. Иванов, И. Г. Губий. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.

10. Водное хозяйство: учебно-справочное издание: ч.1: Основные понятия о воде и фундаментальные закономерности ее круговорота в природе / под научн. ред. В. Н. Заслоновского и В. А. Аксенова. – М.: Теплотехник, 2011. – 153 с.
11. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
12. Шикломанов И. А. Исследование водных ресурсов суши: итоги, проблемы, перспективы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 154 с.
13. Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Мысль, 1974.-447с.
14. Вода России. Водно-ресурсный потенциал / под. ред. А. М. Черняева – Екатеринбург: Аква-пресс, 2000. – 419 с.
15. Давыдов Л. К. Общая гидрология / Л. К. Давыдов, А. А. Дмитриева, Н. Г. Конкина - Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 464 с.
16. Эдельштейн К. К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. – М.: ГЕОС, 1998. – 277 с.
17. Водные ресурсы Республики Казахстан: интернет-источник. Режим доступа <http://enrin.grida.no/htmls/kazahst/soe2/soe/nav/water/aral.htm>
18. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии – обзор ПРООН. Алматы, 2004. – 132 с.
19. Заявление министров окружающей среды 12 стран о подготовке экологической стратегии (16 апреля 2002 г, Гаага, Нидерланды).
20. Алексеевский Н. И., Анисимова Л. А., Фролова Л. Н. Современные и ожидаемые гидрологические ограничения природопользования // Природообустройство. – 2009. – № 1. – С. 50-57
21. Алексеевский Н. И., Фролова Л. Н., Жук В. А. Современные и ожидаемые гидрологические ограничения природопользования на Европейской территории России// Проблемы безопасности и водохозяйственный комплекс России, Краснодар: ООО «Авангард плюс», 2010.

22. Методологические указания по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону: ГХИ, 1988. - 28 с.

23. Примак Е.А., Дмитриев В.В. Разработка интегрального индекса для оценки устойчивости водоемов к изменению параметров естественного и антропогенного режимов// Географические и геоэкологические аспекты развития природы и общества / под. ред. Н. В. Каледина, В. В. Дмитриева. – Спб., 2008. С.234-241.

24. Методические основы оценки антропогенного воздействия на качество поверхностных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 170 с.

25. Алексеевский Н. И., Фролова Л. Н. Гидроэкологическая безопасность территории: причины изменения и способы повышения надежности // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: материалы Междунар. научной конференции. – Томск, 2000. - С. 4-7

26. Данилов-Данильян В. И., Залиханов М. Ч., Лосев К. С. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект. – М.: МППА БИМПА, 2007. – 288 с.

27. Кризисные экологические ситуации в водных объектах и методы их выявления/ Н. И. Алексеевский, В. А. Жук, М. Б. Заславская, Н. Л. Фролова География. Вып. 2. ФЦП «Университеты России», 2000. - С. 333-342.

28. Коронкевич Н. И., Зайцева И. С., Китаев Л. М. Негативные гидрологические ситуации // Известия РАН. Серия географическая. – 1995. – №1. – С. 43-53.

29. Критические экологические районы: географические подходы и принципы изменения/ Н. Ф. Глазовский, Н. И. Коронкевич, А. Н. Кренке, Б. И. Кочуров, Г. В. Сдасюк Изв. ВГО, – 1991. – Т.123. Вып.1. – С.9-17.

30. Экстремальные гидрологические явления // Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова, А. Ф. Бумакова, И. С. Зайцева, Л. К. Малик. Известия РАН. Серия географическая. – 2005. – № 2. – С. 45-57.
31. Абакумов В. А. Экологические модификации и развитие биоценозов// Экологические модификации и критерии экологического нормирования. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С.18-40.
32. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина и др; под. ред. В. Т. Трофимова. – М.: МГУ, 2000. – 432 с.
33. Михайлов В. Н., Эдельштейн К. К. Оценка устойчивости и уязвимости водных экосистем с позиции геоэкологии // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. – 1996. – № 3. – С. 45-51.
34. Критерии оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М., 1992. – 58 с.
35. Методические основы оценки антропогенного воздействия на качество поверхностных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 170 с.
36. Жукинский Н. И. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30. – №2. – С.213-221.
37. Никаноров А. М. Гидрохимия. - Л.: Гирометеиздат, 1989. – 351 с.
38. Корнеева И. Б., Христофоров А. В. Об оценке минимального экологически достаточного стока воды в реках // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 1993. – № 1. – С.77-83.
39. Нежиховский Р. А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гирометеиздат, 1990. – 229 с.
40. Фащевский Б. В. Основы экологической гидрологии. – Минск: Экоинвест, 1996. – 240 с.
41. Фащевский Б. В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – 52 с.

42. Беркович К. М., Чалов Р. С., Чернов А. В. Экологическое руслоотведение. – М.: ГЕОС, 2000. – 232 с.
43. Водные ресурсы России и их использование/ под. ред. И. А. Шикломанова. – СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008 – 600 с.
44. Метод установления экологически допустимых нормативов вредных воздействий на основе данных экологического мониторинга : материалы научно-практической конференции «Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России». Ч.2 , Н. Г. Булгаков, А. П. Левич, В. А. Абакумов, В. Н. Максимов, С. В. Мамихин Азов, 8-10 июля 2009 г. – Ростов-на-Дону, 2009. – С.121-125.
45. Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л., Христофоров А. В. Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. М.: Географический факультет МГУ, 2001. – 408 с.
46. Экология и охрана окружающей среды: учебник / В.И, Коробкин, Л.В. Передельский. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
47. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под. ред. Т. В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
48. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение: учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.
49. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
50. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01. М.: Федеральный центр госэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.
51. . Организация устойчивого водопользования в Хабаровском крае: сборник докладов Международной конференции «Водоснабжение и

водоотведение населенных мест» / М. Н. Шевцов, А. Н. Махинов, А. А. Литвинчук, С. В. Музыко. – М., 2014.

52. Козлов Д. В., Раткевич Л. Д. Использование и состояние в условиях современного развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации. Деловая слава России, 2008, №1 (6).

53. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года утв. распоряжением Правительства РФ от 27.08.2009 г. № 1235 с изм., утв-ми Правительства РФ от 28.12. 2010 г. № 2452-Р и 17.04.2012 № 553-Р

54. Махинов А. Н., Лю Шугуан. Формирование рельефа русел и берегов рек. –Хабаровск: ДВО РАН, 2013. – 174 с.

55. Махинов А. Н., Ким В. И., Воронов Б. А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия// Вестник ДВО. – 2014. – № 2. – С. 5-14.

56. Шевцов М. Н., Махинов А. Н., Литвинчук А. А. Состояние и перспективы организации устойчивого водоснабжения // Вода мэгазин. – 2010, – № 10 (38). – С. 44-46.

57. Шевцов М. Н., Махинов А. Н., Литвинчук А. А. Экологические приоритеты при организации водообеспечения Хабаровска // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 7. – С. 9-13.

58. Шевцов М. Н., Махинов А. Н. Русловые переформирования реки Амур в районе Хабаровска и их влияние на гидротехнические сооружения// Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции. – Хабаровск : Изд-во Тихоок. гос. ун-та, 2014. – Вып. 14. Научные чтения профессора М. П. Даниловского. С. 532-535.

59. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Вып. 1. М.: Гидрометеиздат, 1969. – 318 с.

60. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан: статистический сборник. – Алмата : Агентство Республики Казахстан по статистике, 2000.

61. Региональный электронный доклад государств Центральной Азии «Состояние окружающей среды бассейна Аральского моря». UNEP/GRID-Arendal, 2000 г.
62. World resources. People and Ecosystems, 2000-2001. UNDP, 2002.
63. Санитарные правила и нормы по устройству и содержанию колодцев и каптажей родников, используемых для децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения № 3.01.038.97 (утверждено Главным государственным санитарным врачом Республики Казахстан от 2 июля 1997 года)
64. Диагностический доклад «рациональное и эффективное использование водных ресурсов Центральной Азии», Ташкент-Бишкек, 2001
65. Экологическая статистика. Статистический сборник. Алматы, 2001 г.
66. Отчет о деятельности Иртышской бассейновой инспекции за 2010 год, МинСельХоз РК, Комитет по водным ресурсам «Иртышская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов», 2011 г.
67. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ
68. Водный кодекс Республики Казахстан от 09.07.2003 г. № 481
69. Водный кодекс Республики Беларусь // Ведомости Верховного Совета Республики Беларусь. – 1998 - № 33, С. 473
70. Войтов И.В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого-безопасного водоснабжения Беларуси. – Мн.. Современное слово, 2000 – 476 с.
71. Шевцов М.Н. Некоторые водопроводные сооружения г. Алма-Ата. Тезисы докладов на VII научно-технической конференции: г. Усть-Каменогорск, 1967 г. С. 54
72. Шевцов М.Н. Водоснабжение промышленных предприятий: учеб. Пособие / М.Н. Шевцов. – Хабаровск: Изд-во Тихоок. гос. ун-та, 2010. – 127 с.

73. Фащевский Б.В. Основы экологической гидрологии. – Мн.: Экоинвест, 1996 – 240 с.
74. Нежиховский Р.А. Гидроэкологические основы водного хозяйства – Л.: Гидрометеоиздат, 1990 – 202 с.
75. Румянцев В.А., Колобаев А.Н., Куренной В.В. О единой системе ведения государственного водного кадастра // Водные ресурсы – 1982 - № 1. С. 54-60
76. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования – Киев: Изд-во «Генеза», 1997 – 640 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	6
1.1. Распределение воды на Земле	6
1.2. Круговорот воды в природе и оценка водных ресурсов	7
1.3. Классификация водных ресурсов.....	13
1.4. Водообеспеченность водными ресурсами	16
2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	19
3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	34
3.1. Водообеспеченность территории и водохозяйственные балансы основных речных бассейнов Республики Казахстан.....	41
4. СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД	51
4.1. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы	51
4.2. Природно-антропогенное воздействие на гидроэкологические функции объектов	55
4.3. Формирование качества природных вод под воздействием факторов естественного и антропогенного происхождения	62
4.4. Характеристика качества природных вод	74
4.4.1. Классификация вод по интегральным показателям качества.....	74
4.4.2 Классификация вод по физико-химическим показателям	77

4.5. Водно-экологические проблемы использования водных ресурсов отраслями экономики Российской Федерации	106
4.6. Водно-экологические проблемы Республики Казахстан	117
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	144
5.1. Водохозяйственный комплекс	144
5.1.1. Водопользование.....	148
5.1.2. Водопотребление	151
5.1.3. Водоотведение.....	166
5.1.4. Водопользование без изъятия воды из водных объектов	176
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	181
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ.....	182

Научное издание

Шевцов Михаил Николаевич

**ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Отпечатано с авторского оригинала-макета
Дизайнер обложки *Е. И. Саморядова*

Подписано в печать 14.12.15. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага писчая.
Гарнитура «Таймс». Печать цифровая. Усл. печ. л. 11,16. Тираж 500 экз. Заказ 393.

Издательство Тихоокеанского государственного университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии
издательства Тихоокеанского государственного университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.