

**Д.А. Мидоренко, В.С. Краснов**

# **Мониторинг водных ресурсов**



**ТВЕРЬ 2009**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Тверской государственный университет»

Д.А. Мидоренко, В.С. Краснов

# **Мониторинг водных ресурсов**

*Учебное пособие*

ТВЕРЬ 2009

УДК 504.4.064.36(075.8)

ББК Д220.8я73-1

**Рецензенты:**

Казанский технологический университет

доктор технических наук, профессор

*В.Н. Башкиров*

Петрозаводский государственный университет

кандидат технических наук, доцент

*А.С. Васильев*

**Мидоренко Д.А., Краснов В.С.**

Мониторинг водных ресурсов: Учеб. пособие. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2009. – 77 с.

В учебном пособии рассмотрены общие вопросы качества воды, современное состояние водных ресурсов мира и России; оценено влияние промышленности, сельского хозяйства и жилищно-коммунального хозяйства на водные объекты; виды очистки сточных вод и экологизация процессов очистки.

Мониторинг водных ресурсов рассмотрен в соответствии с классическим определением мониторинга: методы наблюдений за водными объектами, оценка их фактического состояния, методы прогноза состояния и оценка прогнозируемого состояния.

В пособии выделен региональный аспект – проанализирована гидроэкологическая ситуация в Тверской области и г. Твери.

Предназначено для студентов факультета географии и геоэкологии, обучающихся по специальностям «Геоэкология» и «Экология и природопользование».

УДК 504.4.064.36(075.8)

ББК Д220.8я73-1

*Печатается по решению научно-методического совета*

*Тверского государственного университета*

© Мидоренко Д.А., Краснов В.С., 2009

© Тверской государственной университет, 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1. КАЧЕСТВО ПРИРОДНЫХ ВОД</b> .....	<b>6</b>
1. 1. Водопользование и водопотребление .....	6
1. 2. Проблемы качества воды .....	7
<b>Глава 2. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД</b> .....	<b>12</b>
2. 1. Водные ресурсы России. ....	12
Гидроэкологическая ситуация .....	12
2. 2. Водные ресурсы Тверской области. ....	17
Краткая характеристика .....	17
2. 3. Гидроэкологическая ситуация в Тверской области .....	18
2. 4. Водопользование в Тверской области .....	21
2. 5. Водопотребление в Тверской области.....	22
2. 6. Качество питьевой воды и системы.....	23
водоснабжения города Твери .....	23
<b>Глава 3. ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И</b> <b>СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ВОДНУЮ СРЕДУ</b> .....	<b>28</b>
3. 1. Предприятия энергетики .....	28
3. 2. Машиностроительный комплекс .....	29
3. 3. Текстильная и химическая промышленность .....	30
3. 4. Сельское хозяйство.....	31
3. 5. Жилищно-коммунальное хозяйство .....	33
<b>Глава 4. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД</b> .....	<b>34</b>
4. 1. Виды очистки сточных вод .....	34
4. 2. Экологизация процессов очистки сточных вод .....	40
<b>Глава 5. ИСТОРИЯ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА</b> .....	<b>43</b>
5. 1. Краткая история.....	43
5. 2. Определение и концепции мониторинга .....	44
5. 3. Виды и структура мониторинга .....	47

<b>Глава 6. МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....</b>	<b>50</b>
6. 1. Наземные наблюдения.....	50
6. 2. Биоиндикационные методы .....	51
6. 3. Физико-химические методы.....	53
6. 4. Дистанционное зондирование.....	54
<b>Глава 7. ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>57</b>
7. 1. Органолептические показатели воды .....	57
7. 2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) .....	58
7. 3. Нормирование загрязняющих веществ .....	60
в водных объектах .....	60
7. 4. Расчёты предельно допустимых сбросов (ПДС).....	64
7. 5. Расчёт индекса загрязнения природных вод (ИЗВ) .....	65
<b>Глава 8. МЕТОДЫ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ И ОЦЕНКИ ПРОГНОЗИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ.....</b>	<b>69</b>
8. 1. Прогнозирование .....	69
8. 2. Этапы прогнозирования .....	70
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>74</b>

## Глава 1. КАЧЕСТВО ПРИРОДНЫХ ВОД

### 1. 1. Водопользование и водопотребление

В природе вода выполняет многочисленные и разнообразные функции. Это перенос механических частиц и растворённых химических веществ по поверхности и под землёй. Вода – важный фактор современного рельефообразования (эрозия и денудация; перенос и отложение продуктов разрушения), почвообразовательных процессов и формирования климата. Почвенная влага – обязательный компонент создания растительной биомассы. И это только одно из её фазовых состояний – жидкое.

Являясь одним из самых распространенных веществ в природе, вода представляет собой уникальное соединение, благодаря которому на Земле зародилась и существует **Жизнь**, всё то, что мы называем биосферой. Все природные воды теснейшим образом взаимосвязаны и образуют гидросферу, сплошную водную оболочку Земли.

Вода в виде молекул  $H_2O$  отмечается в литосфере и атмосфере, а биосфера более чем на три четверти состоит из воды. Гидросфера – динамичная система, в которой водные массы всех оболочек Земли находятся в гомеостазе. С участием воды совершается кругооборот веществ и энергии в природе.

**Назначение воды как природного ресурса** – поддержание жизненных потребностей человечества. В производственной и хозяйственной деятельности человек применяет воду для очистки, мытья, охлаждения оборудования и материалов, полива растений, гидротранспортировки, обеспечения специфических процессов (выработка электроэнергии). Водная среда используется для вылова рыбы, добычи подводных запасов сырья и топлива, сбора водных растений, перевозки грузов, захоронения отходов.

В настоящее время все большую остроту приобретает проблема пресной воды. Генеральной Ассамблей ООН было объявлено, что более миллиарда людей планеты страдает от недостатка доброкачественной воды,

необходимой для питья и хозяйственных нужд. Только для поддержания жизненных функций организма человеку ежедневно необходимо около 2 литров воды, а житель современного благоустроенного города в сутки расходует от 100 до 1000 литров.

Еще больше расход пресной воды в промышленности: для производства одной тонны стали, расходуется 150 – 200 м<sup>3</sup> воды, меди – 500 м<sup>3</sup>, бумаги 450 – 1000 м<sup>3</sup>, искусственного волокна – 2000 – 6000 м<sup>3</sup>.

Природные воды относятся к исчерпаемым, частично возобновляемым природным ресурсам.

По характеру использования природных вод все отрасли хозяйства подразделяют на *водопотребителей* и *водопользователей*.

**Водопотребители** – отрасли, изымающие воду из естественных источников, потребляют её для выработки промышленной и сельскохозяйственной продукции и для коммунально-бытовых нужд и возвращают в источники в другом месте, в меньшем количестве и худшего качества. К водопотребителям относятся промышленность, тепловая и атомная энергетика, сельское хозяйство, коммунально-бытовая сфера.

**Водопользователи** – отрасли, не изымающие воду из источников и использующие не саму воду, а её энергию или использующие воду как среду или элемент ландшафта. К водопользователям относятся гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреационный комплекс.

Деятельность и тех и других влечёт за собой изменения химического состава и физических свойств воды. Можно сказать, что все водопользователи и водопотребители как антропогенный фактор воздействия на водную среду являются *объектами* мониторинга водных ресурсов.

## **1. 2. Проблемы качества воды**

Пресные воды используются как для питьевого водоснабжения, так и в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте — практически при всех видах человеческой деятельности. В зависимости от целей использо-

вания воды требования к её химическому составу и физическим свойствам могут быть различны.

К воде, применяемой в различных отраслях промышленности, предъявляются требования в соответствии со спецификой данного вида производства. Например, в сахарном производстве необходимо, чтобы вода имела минимальную минерализацию, так как присутствие любых солей затрудняет варку сахара. В пивоваренном производстве требуется отсутствие в воде  $\text{CaSO}_4$ , препятствующего брожению солода. В воде, применяемой для винокурного производства, нежелательно присутствие хлористого кальция и магния, которые задерживают развитие дрожжей. В текстильной и бумажной промышленности не допускается присутствие в воде железа, марганца и кремниевой кислоты. Производство искусственного волокна требует малой окисляемости воды и минимальной жесткости (до 0,64 мг-экв/л). Такие же требования по жесткости предъявляются к воде и в энергетической промышленности. К воде, используемой для хозяйственно-питьевого водоснабжения, предъявляемые требования можно свести к двум основным условиям: безвредности ее для организма и удовлетворительному качеству по вкусу, запаху, прозрачности и другим внешним свойствам (органолептические показатели).

Особенности химического состава природных вод и их физических свойств объединяются в понятие «**качество воды**» (т. е. её пригодность для какого-либо использования).

***Качество воды** – характеристика состава и свойств воды, определяющая её пригодность для конкретного водопользования.*

К основным проблемам качества природных вод можно отнести следующие.

***Заражение патогенами** – важный фактор высокой заболеваемости и смертности от желудочно-кишечных болезней. Оно находится в прямой зависимости от плотности населения и уровня его социально-*

экономического развития. Загрязнение патогенами не полностью контролируется даже в развитых странах мира.

**Загрязнение органическими веществами.** Органика попадает в воду в растворённом или взвешенном виде, главным образом со стоками канализации или с нерегулируемыми бытовыми стоками. Иногда – со стоками целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности.

Благодаря растворённому в воде кислороду, поступающему из атмосферы за счёт турбулентного характера течения, реки обладают значительной самоочищающей способностью. Однако, когда поступление органики начинает превышать самоочищение, загрязнение воды прогрессивно возрастает. Кроме того, содержание кислорода в воде обратно пропорционально её температуре, поэтому климатические условия также играют неблагоприятную роль в снижении самоочищающей способности рек.

**Взвешенные вещества.** Концентрация взвешенных тонких частиц почвы является показателем степени водной эрозии почвы. Значительную роль в увеличении стока наносов играет сельское хозяйство, благодаря нарушению естественного состояния поверхности почв в бассейнах рек. Увеличивающийся сток наносов приводит к ухудшению условий судоходства на реках, заилению водохранилищ и оросительных систем.

**Асидификация** – антропогенный природный процесс повышения кислотности среды. Принято, что природные воды находятся в состоянии асидификации, если показатель  $pH$  равен или меньше 5,0. Причина асидификации – сухие и влажные кислотные осадки, главными компонентами которых являются аэрозоли оксидов серы и азота и аммиак. При взаимодействии с водой или почвенной влагой они образуют серную, азотную и другие кислоты.

Происхождение кислотных осадков как естественное (извержения вулканов, лесные пожары), так и антропогенное (сжигание топлива, в основном угля).

Снижение показателя  $pH$  приводит к сокращению или исчезновению популяций ракообразных, рыб, насекомых, водорослей и зоопланктона. Замедляются репродукционные функции водных организмов.

**Эвтрофикация** – усиление биологической продуктивности водоёмов вследствие накопления в воде биогенных элементов. Избыточное поступление соединений азота и фосфора приводит к усиленному росту водных растений, в особенности микроскопических водорослей. Периодическое их развитие («цветение»), а затем отмирание сопровождается изъятием большого количества растворённого в воде кислорода и, как следствие, ухудшением качества природных вод.

Эвтрофикация приводит к ряду неблагоприятных экономических последствий: снижению рекреационной ценности водоёмов, снижению рыбной популяции, блокированию водозаборов и водосбросов, ухудшению качества воды.

Эвтрофикация – медленно развивающийся естественный процесс – может ускоряться в результате деятельности человека. Главными источниками поступления соединений азота и фосфора являются сельское хозяйство и бытовые стоки.

**Повышенная концентрация нитратов.** Основной их источник – сельскохозяйственные удобрения. Нитраты отличаются высокой растворимостью, и поэтому при внесении удобрений до 15 % от исходной массы уходит в водные объекты, в основном в подземные воды. Избыточная концентрация нитратов в питьевой воде может вызывать проблемы со здоровьем, в особенности болезнь крови у детей и риск раковых заболеваний у взрослого населения.

**Минерализация вод.** Хозяйственная деятельность человека приводит к росту содержания в воде основных ионов, встречающихся в природе (хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов; кальция, натрия, калия). Изменение количества содержащихся в воде растворённых веществ нередко при-

водит к асидификации, повышению общей жёсткости воды и, как следствие, ухудшению её качества.

**Загрязнение тяжёлыми металлами.** Тяжёлые металлы могут находиться в небольших, но опасных концентрациях в обработанных сточных водах или в более концентрированном виде на свалках промышленных отходов, попадая оттуда в подземные воды. Кроме того, тяжёлые металлы хорошо аккумулируются в донных отложениях водоёмов. Многие тяжёлые элементы, такие, как свинец, ртуть, цинк, хром, кобальт, медь, чрезвычайно токсичны не только для водной флоры и фауны, но и для человека.

**Органические микрозагрязнители.** В настоящее время в производстве и использовании находится около 100 000 химических веществ, в основном органического происхождения. Они попадают в водоёмы со стоками преимущественно химической, нефтехимической, металлургической, целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности. И, хотя концентрации органических загрязнителей в природных водах обычно очень малы, они обладают высокой токсичностью (один грамм диоксина делает непригодным для жизни около 1 млн м<sup>3</sup> воды).

Многие из загрязнителей отличаются долгой продолжительностью нахождения в окружающей среде, передаются по пищевым цепям, накапливаясь в отдельных звеньях, обладая способностью подавлять иммунные системы организма.

## Глава 2. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

### 2. 1. Водные ресурсы России.

#### Гидроэкологическая ситуация

К факторам, определяющим возникновение неблагоприятной экологической ситуации, относятся *антропогенное воздействие* и *особенности природной устойчивости территории*.

*Антропогенными факторами* воздействия на окружающую среду являются добыча полезных ископаемых, все виды промышленности, энергетика, сельское хозяйство, транспорт, населённые пункты, рекреационная деятельность и техногенные катастрофы.

*Природная устойчивость* территории связана с рядом региональных геоэкологических особенностей: балансом вещества и энергии, биогеохимическими циклами, способностью геосистем к самоочищению и самовосстановлению.

Россия – одна из наиболее водообеспеченных стран: на одного жителя приходится свыше 30 тыс. м<sup>3</sup> воды в год. В нашей стране насчитывается свыше 120 тысяч рек общим объёмом 4691 км<sup>3</sup>. Большая часть этого объёма (4538 км<sup>3</sup>) формируется в пределах России, а 153,2 км<sup>3</sup> поступает с территорий сопредельных государств.

Особенностью водопотребления в России является незначительный забор воды из природных водных объектов, не более 3 % речного стока. В то же время в ряде регионов наблюдается острый дефицит в водных ресурсах, обусловленный их неравномерным распределением по территории. На европейскую часть России, где сосредоточено около 80 % населения и промышленного потенциала, приходится 8 % водных ресурсов.

Структура водопотребления характеризуется следующим образом:

- производственные нужды – 58,9 %;
- хозяйственно-питьевые нужды – 21,0 %;

- орошение – 13,0 %
- сельскохозяйственное водоснабжение – 1,6 %;
- прочие нужды – 5,5 %.

В настоящее время из-за загрязнения или засорения около 70 % рек и озер России утратили свои качества как источники питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляет загрязненную недоброкачественную воду.

Из-за спада производства в настоящее время уменьшился сброс вредных веществ в водоемы, но загрязнению вод во многом способствуют массовая застройка водоохраных зон, распашка их под огороды, смыв почвы вследствие эрозии. Увеличилась и рекреационная нагрузка на берега водоемов. На берегах морей, рек, озер и водохранилищ расположено 62 % санаториев, 75 % туристических баз, 80 % пансионатов и домов отдыха. Заметной стала тенденция застройки водоохраных зон частными коттеджами и пансионатами.

Анализ мирового водохозяйственного баланса свидетельствует, что на все виды водопользования тратится  $2200 \text{ км}^3$  воды в год. Ежегодно на разбавление сточных вод расходуется почти 20 % полного мирового речного стока. После разбавления  $1 \text{ м}^3$  очищенной сточной воды качество  $10 \text{ м}^3$  речной воды резко ухудшается, а после разбавления неочищенной сточной воды количество непригодной для потребления речной воды увеличивается в 5 раз. При этом общее количество пресной воды не уменьшается, но ее качество резко падает.

По степени использования водных ресурсов многие страны Европы перешагнули 50 %-й рубеж. Бельгия использует почти 100 % водных ресурсов, Болгария – 65 %, Германия – 50 %, Украина – 56 %. Только Швейцария, Швеция и Норвегия приближаются к России по сохранности поверхностных водных ресурсов. Вместе с тем в странах Европы от 80 % до 100 % населения снабжается водой из централизованных источников водо-

снабжения, тогда как в России только две трети населения получают такую воду (табл. 1).

Таблица 1 Общее состояние водных ресурсов стран мира и антропогенная нагрузка на них

Континенты, страны	Водный режим, км <sup>3</sup> /год	Антропогенная нагрузка на водные ресурсы, млн чел./км	Водозабор, км <sup>3</sup> /год	Сброс сточных вод, км <sup>3</sup> /год	Кратность разбавления сточных вод	Безвозвратный расход, км <sup>3</sup> /год	Испарение с поверхности водохранилищ, км <sup>3</sup> /год	Уменьшение водных ресурсов, %
Европа	3030	0,24	480	365	8	115	15	4
Азия	14750	0,22	2050	610	24	1440	40	10
Северная Америка	6090	0,07	600	415	15	185	25	3
Южная Америка	10400	0,03	130	60	170	70	15	1
Африка	4220	0,15	170	50	84	120	40	4
Австралия и Океания	1670	0,02	20	10	170	10	5	1
Мир в целом	40160	0,13	3450	1510	27	1940	140	5
<b>Россия</b>	<b>4040</b>	<b>0,04</b>	<b>110</b>	<b>70</b>	<b>58</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>1</b>
Германия	105	0,76	45	38	3	7	0	4
Франция	170	0,33	40	34	5	6	0	4
Китай	2900	0,40	545	165	18	380	5	13
Индия	1590	0,53	560	135	12	425	13	28
США	2380	0,1	470	340	7	130	11	6
Канада	2770	0,01	45	38	73	7	6	0
Мексика	350	0,24	80	35	10	45	6	15
Аргентина	290	0,11	30	13	22	17	1	6
Бразилия	5670	0,03	35	20	284	15	9	0

Ежегодный объём сточных вод, сбрасываемых в водоёмы страны за последнее десятилетие, составлял порядка **50 км<sup>3</sup>**, из них ~ 40 % относились к категории «загрязнённых». Каждый кубометр таких стоков загрязняет 60 м<sup>3</sup> чистой воды.

Основными источниками загрязнённых вод являются предприятия коммунального хозяйства и промышленности. Только около 10 % сточных вод проходят нормативную очистку очистными сооружениями. Дополнительное загрязнение осуществляется за счёт дренажных вод оросительных

сооружений, обогащённых биогенными веществами и ядохимикатами. Значительный вклад в загрязнение вносит также смыв загрязняющих веществ с водосборных бассейнов рек.

Качество воды большинства водоёмов стабильно низкое. Наиболее распространёнными загрязняющими веществами остаются нефтепродукты, фенолы, легко окисляемые органические вещества, соединения тяжёлых металлов, соединения азота, формальдегид. Реки Волга, Дон, Днепр, Кубань, Обь, Енисей, Лена, Печёра, Терек оцениваются как «загрязнённые». Их притоки Ока, Кама, Томь, Иртыш, Тобол, Миасс, Тура – как «сильно-загрязнённые». Особенно тяжёлое положение сложилось в Архангельской, Курганской, Томской, Ярославской, Калужской, Калининградской областях, Приморском крае, Калмыкии, Дагестане и Карачаево-Черкесии.

Наиболее загрязнёнными водоёмами являются Дон, реки острова Сахалин, реки и озёра Кольского полуострова, нижнее течение Амура. Концентрации ряда загрязняющих веществ в этих водоёмах превышают предельно допустимый уровень в 10 и более раз. В бассейне реки Кубани содержание нефтепродуктов и солей меди превышают ПДК в 5 – 7 раз. В среднем течении Волги концентрации фенолов и нефтепродуктов составляют 8 – 9 ПДК, соединения азота и меди – 3 – 4 ПДК, в нижнем течении вода загрязнена солями меди до 15 ПДК. Кроме того, например, гидрохимическое состояние реки Москвы выше города характеризуется 4-м классом («загрязнённая»), ниже города – 6-м классом («очень грязная»), а состояние реки Миасс в районе Челябинска из 2-го класса («чистая») выше города переходит в 7-й класс («чрезвычайно загрязнённая») ниже города.

Важный источник загрязнения – сухие и мокрые выпадения из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов. Вместе с аэрозолями и пылью в водоёмы попадают тяжёлые металлы и опасные органические соединения. Поступление тяжёлых металлов из атмосферы, по некоторым источникам, *сравнялось* с их поступлением со сточными водами.

Для хозяйственных нужд ежегодно в России используется около 12 км<sup>3</sup> подземных вод. Для питьевого водоснабжения в центральных регионах России используется прежде всего вода из подземных источников (в Москве, например, до 90 % воды). В среднем по России 20 % проб водопроводной воды не отвечают нормативам по санитарно-химическим и 10 % – по микробиологическим показателям.

Деятельность предприятий промышленности, сельского хозяйства и жилищно-коммунального комплекса приводит к загрязнению подземных вод сульфатами, хлоридами, соединениями азота, тяжёлыми металлами. Наиболее крупные очаги загрязнения обнаружены в городах Мончегорск, Волгоград, Магнитогорск, Оренбург, Кемерово, Краснодар. Средства очистки, используемые населением, весьма не эффективны (бытовые фильтры способны очистить воду только от 10 % примесей).

Испытывают интенсивную антропогенную нагрузку окраинные и внутренние моря России. В окраинных морях выделяются наиболее загрязненные участки, к которым относятся: в Баренцевом море Кольский полуостров, в Балтийском море – Финский залив, в Охотском море – залив Терпения, в Японском море – Амурский залив, Уссурийский залив и бухта Золотой Рог, Татарский пролив. В них отмечается высокая концентрация в воде тяжёлых металлов, органических веществ и нефтепродуктов.

Во внутренних морях воды оцениваются по качеству как «загрязнённые». О состоянии внутренних морей можно судить по ситуации на Чёрном море. Миллионная популяция черноморских дельфинов за 30 лет сократилась до 200 тыс. Многие из них заражены свиной чумой, которая передалась им в результате сброса в воду отходов свиноводческих ферм в дельте Дуная. Исчез местный вид тюленей. На сегодняшний день из 26 видов рыб, которые вылавливали в 1960-е гг., осталось только 5. Коммерческий лов скумбрии, составлявший основу рыбной индустрии, проводился последний раз в 1965 г. Образовавшаяся в 1973 г. бескислородная зона не-

многим более 3,5 тыс. км<sup>2</sup> сейчас расширилась почти до 50 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет почти 10 % акватории Чёрного моря. По оценкам некоторых учёных, общая потеря рыбы составляет до 5 млн т.

## **2. 2. Водные ресурсы Тверской области.**

### **Краткая характеристика**

*Поверхностные воды (воды суши)* включают в себя собственно речную сеть, естественные и искусственные водоёмы, болота и подземные воды.

Состояние и развитие поверхностных вод Тверской области определяется её водораздельным положением (Ядро Главного водораздела), особенностями мезорельефа (холмисто-грядовый рельеф), климатическими условиями (избыточное увлажнение) и характером подстилающей поверхности.

Тверская область имеет густую речную сеть, сравнительно равномерно распределённую по поверхности. Средняя густота – 0,2 км/км<sup>2</sup> (на западе и северо-западе – 0,3 – 0,35 км/км<sup>2</sup>, на юго-востоке – 0,12 – 0,15 км/км<sup>2</sup>). Среднегодовой объём стока составляет: местный сток – 18,7 км<sup>3</sup> (поверхностный – 13,6 км<sup>3</sup>, подземный – 5,05 км<sup>3</sup>), приток из других областей – 8,9 км<sup>3</sup>, общий – 27,6 км<sup>3</sup>.

Всего в области насчитывается около **800** рек, с общей длиной свыше **17 000** км. 21 река имеет протяжённость более 100 км (Волга, Западная Двина, Молога, Медведица, Межа, Торопа, Тверца, Обша, Шоша, Тьма и др.). Основная часть рек представляет собой малые реки длиной менее 100 км, что объясняется прежде всего водораздельным положением территории.

Основным источником питания рек Тверской области (более 50 %) являются *талые снеговые воды*. На дождевое питание приходится около 15 – 20 % от всего годового стока; на грунтовые воды – от 25 % до 40 %. Максимальные расходы воды наблюдаются во время весеннего половодья

– за апрель и май реки уносят от 30 % до 60 % своего годового стока. Минимум приходится на период летней и зимней межени.

Все реки области замерзают в холодный период. Ледостав начинается обычно в конце ноября и длится примерно 4 – 5 месяцев. Толщина промерзания до 40 – 60 см, а в наиболее суровые зимы до 80 см. Вскрытие рек наблюдается в начале апреля, реже в конце марта.

В Тверской области насчитывается 1769 озёр с акваторией более одного гектара. Их общая площадь – **1178** км<sup>2</sup> (1,4 % от площади области), а объём воды – **4,3** км<sup>3</sup>. Имеют площадь более 10 км<sup>2</sup> 19 озёр (Селигер, Волго I, Волго II, Пено, Шлино, Кафтино, Великое, Пирос, Сиг, Охват, Вселуг, Верестово и др.). Основная масса озёр (3/4) расположена на северо-западе и западе области. Озёрность этой части территории от 1 % до 9 %; в центральных и восточных районах – десятые доли процента.

Поверхностные воды области относятся по гидрохимической классификации к *гидрокарбонатному классу кальциевой группы*. Воды отличаются низкой минерализацией, повышенной окисляемостью и цветностью. Реакция обычно нейтральная или слабощелочная. Повышенное содержание органического вещества в воде связано с высокой степенью заболоченности и залесённости водосбора. Низкая минерализация (0,2 – 0,5 г/л) обусловлена превышением осадков над испарением и бедностью почв и материнских пород растворимыми соединениями.

### **2. 3. Гидроэкологическая ситуация в Тверской области**

Водные ресурсы Тверской области обеспечивают потребности около 2 млн человек местного населения и более 7 млн человек Московской агломерации.

Ежегодно, по данным Тверского областного комитета по охране природы, для хозяйственных целей забирается более **1200** млн м<sup>3</sup> воды и сбрасывается более **1100** млн м<sup>3</sup>. В масштабах страны это около 1,5 % всех от-

работанных вод. В Тверской области забирается 4 – 5 % сточных вод и сбрасывается около 4 % от среднего многолетнего стока. На каждого жителя приходится около 0,69 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод, что значительно меньше, чем в среднем по стране.

В состав сбрасываемых вод входят *нормативно-чистые* (не прошедшие очистку), *нормативно-очищенные* и *загрязнённые* воды. В Тверской области загрязнённые стоки составляют **120** млн м<sup>3</sup>. Без очистки сбрасывается около **1** млн м<sup>3</sup> (радиаторный завод в Лихославле, завод «Маяк» в Торжке, ДОК в пос. Жарки, птицефабрика в Вышнем Волочке, молокозавод в посёлке Сандово).

Значительную часть загрязняющих веществ дает сельское хозяйство – за счёт смыва с полей удобрений и пестицидов. По данным Института водных проблем РАН, с 1 га мелиорированных земель в Тверской области выносятся в среднем 1,6 кг азота и 0,15 кг фосфора. В течение года суммарный вынос с полей нитритного азота и минерального фосфора составляет 2800 т и 106 т соответственно. Величины смыва пестицидов не поддаются точному измерению.

В структуре атмосферных выбросов теплоэнергетики и промышленности области значительно больше двуокиси серы (43,6 %) и азота (15,6 %), чем в среднем по России. Поэтому всё большее значение приобретает проблема асидификации водоемов, причина которой – сухие и влажные кислотные осадки, выпадающие на водосборные площади.

Наиболее сильно загрязнена речная сеть бассейна Волги. В неё поступает ~ 100 млн м<sup>3</sup> загрязнённых сточных вод, из них непосредственно в саму Волгу ~ 80 млн м<sup>3</sup>. Основные источники загрязнения расположены в городах. В Твери сбрасывается в Волгу более 55 млн м<sup>3</sup> загрязнённых стоков в год, во Ржеве – 15,4 млн м<sup>3</sup>, в Зубцове – 1,2 млн м<sup>3</sup>, в Старице, Кимрах, Конакове, Калязине – менее 1 млн м<sup>3</sup>. Регулярно наблюдаются пре-

вышения ПДК по нефтепродуктам, БПК<sub>5</sub>, органическим веществам, тяжёлым металлам; отмечается напряжённый кислородный режим.

В Тверцу загрязнённые воды сбрасывают предприятия Торжка (6,3 млн м<sup>3</sup>/год), Вышнего Волочка (6,9 млн м<sup>3</sup>/год), Кувшинова (4 млн м<sup>3</sup>/год). Отмечается постоянное превышение нормативов по БПК<sub>5</sub>, пестицидам, нефтепродуктам.

Сильное загрязнение испытывают Шоша, Тьмака, Остречина, Молога в районе Бежецка, участки Мсты, Цны и Шлины в районе Вышнего Волочка, участки Западной Двины в районе Андреополя и пос. Западная Двина, Межи в районе Нелидова, Торопы в районе Торопца и т. д. Только от предприятий Бологовского района в бассейн Мсты поступает 3,6 млн м<sup>3</sup>/год. Предприятия Бежецка, Максатихи и Весъегонска сбрасывают в Мологу в общей сложности 3,4 млн м<sup>3</sup>/год. В бассейн Западной Двины и саму реку поступает около 3,3 млн м<sup>3</sup> сточных вод в год.

Достаточно сложная обстановка создаётся и в водохранилищах области – строительство плотин превратило их в аккумуляторы загрязняющих веществ. В Иваньковском водохранилище наблюдается превышение ПДК по нефтепродуктам, меди, железу, фенолу, соединениям азота, формальдегиду. По ИЗВ водоём относится к умеренно загрязнённому и загрязнённому. Особенно активно тенденция ухудшения качества воды прослеживается на мелководных участках. Высокий уровень загрязнения отмечается на отдельных участках Углицкого, Вазузского, Вышневолоцкого, Верхневолжского, Рыбинского, Шлинского, Мстинского водохранилищ, на плёсах озёр Селигер, Верестово, Охват и др.

В Тверской области складывается неблагоприятная обстановка с питьевой водой. Область относится к биохимической провинции с дефицитом йода в источниках питьевого водоснабжения. Самая низкая концентрация растворенного йода в воде Калининского, Старицкого, Кимрского и Калязинского районов. Достаточное его содержание в воде Бежецкого,

Вышневолоцкого, Краснохолмского и Нелидовского районов. Кроме того, в воде некоторых районов отмечен недостаток фтора, меди и цинка.

Поверхностные водоносные горизонты в пределах населённых пунктов обычно загрязнены соединениями азота и железа. В них повышены значения окисляемости и общей жёсткости. В ряде случаев подземные воды загрязнены нефтепродуктами (Тверь) и ядохимикатами (Ржевский район).

По данным СЭС, гигиеническим нормам не отвечают 11 – 17 % проб водопроводной воды и до 50 % проб воды колодцев, а по микробиологическим показателям 22 – 27 % и 29 % проб соответственно.

## **2. 4. Водопользование в Тверской области**

В Тверской области одним из старейших способов водопользования является создание искусственных сооружений – водохранилищ различного назначения и систем каналов. Ещё в 1722 г. по распоряжению Петра I было построено Вышневолоцкое (бывшее Заводское) водохранилище, предназначенное для поддержания судоходных уровней в Вышневолоцкой водной системе. В 1843 г. у села Селище на Волге был построен Верхневолжский бейшлот (плотина). В результате поднят уровень Верхневолжских озёр и создано водохранилище площадью 184 км<sup>2</sup> и объёмом 374 млн м<sup>3</sup>. Эта вода используется в летний меженный период для регулирования уровней в верховьях Волги. В 1937 г. началось заполнение Иваньковского водохранилища, предназначенного для снабжения водой Московской агломерации по каналу им. Москвы. Площадь бассейна – 327 км<sup>2</sup>, объём – около 1 км<sup>3</sup>. Вслед за Иваньковским через два года было создано Угличское водохранилище. Оно выполняет энергетическую функцию (Угличская ГЭС) и поддерживает высокие судоходные уровни на этом участке Волги. С 1941 по 1945 г. шло затопление одного из крупнейших водохранилищ России – Рыбинского. Благодаря большой площади (около 5000 км<sup>2</sup>) и объёму (25,4 км<sup>3</sup>) поддерживаются нормальные уровни на всей средней

Волге. Сравнительно недавно, в 1979 г., было завершено строительство Вазузского гидроузла и Вазузского водохранилища.

Сравнительно сухие и заселённые берега рек и озёр области благоприятны для водного туризма и отдыха. Протяжённость маршрутов более 7000 км. Запасы минеральных вод, относящихся в основном к сульфатно-натриево-магниевым-кальциевым и хлоридно-натриевым, являются базой для развития курортов и санаториев-профилакториев (Кашин, Митино, Карачарово).

Реки, озёра и водохранилища имеют определённое транспортное значение (реки Волга, Тверца, Медведица, Шоша; Верхневолжские озёра, озеро Селигер; Ивановское, Вышневолоцкое, Угличское и Рыбинское водохранилища). Общая длина судоходных местных путей в области в 1990-х гг. прошлого века составляла около *1000* км.

## **2. 5. Водопотребление в Тверской области**

Главным водопотребителем области является промышленность. Лидируют химические (Тверь, Торжок, Нелидово, Редкино), текстильные (Тверь, Вышний Волочёк) предприятия и предприятия топливно-энергетического комплекса (Тверь, Конаково, Бежецк, Вышний Волочёк, Ржев, Удомля и др.). Только Калининская АЭС расходует на охлаждение одного реактора около 10 млн м<sup>3</sup> воды в год. Очень крупным потребителем воды является Конаковская ГРЭС.

Для сельского хозяйства характерно большое водопотребление в животноводстве, и особенно на крупных свиноводческих комплексах и птицефермах. Общее водоотведение с животноводческих ферм в Тверской области составляет около *9* млн м<sup>3</sup> в год.

Для питьевых, хозяйственных и бытовых нужд в Тверской области используются в основном подземные воды. По данным СЭС, в области свыше 11 000 родников, колодцев, каптажей и около 3500 источников централизованного водоснабжения. На одного жителя области в год расходу-

ется около  $61 \text{ м}^3$  воды, т. е. население тратит более **100** млн  $\text{м}^3$  в год. На личные нужды (приготовление пищи, мытье посуды, стирку, уборку помещений, личную гигиену) уходит около 170 литров воды в сутки.

## **2. 6. Качество питьевой воды и системы водоснабжения города Твери**

Строительство Тверского водопровода велось на добровольные пожертвования, с привлечением известных западных специалистов, и было завершено в 1865 г. Эксплуатация водопровода началась с 1870 года. Водоснабжение было поверхностным – из рек. Из года в год водопроводное хозяйство города росло, но развивалась и промышленность, против фабрик одно за другим возбуждались уголовные дела за загрязнение рек, и в 1879 г. Тверская дума постановила запретить брать «отравленную воду из Тьмаки и у правого берега Волги».

С 1915 г. город начал переходить на потребление подземной воды из артезианских скважин. Первые скважины для водоснабжения города Твери были пробурены в 1894 г.

С тех пор водопроводная сеть изрядно разрослась, «опутав» почти весь город. На смену деревянным трубам пришли металлические, с огромным (до 1 м) диаметром, а общая протяженность водопроводной сети составляет более 500 км.

В настоящее время водоснабжение города полностью подземное. Для Твери разведано 5 месторождений подземных вод с общими эксплуатационными запасами 695,3 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ . Из них эксплуатируются 3 месторождения, запасы по которым составляют 385,6 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ . Современный водоотбор составляет 147 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ , в том числе для хозяйственно-питьевых нужд используется 96,3 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ .

Водозаборы города Твери: Тверецкий, Медновский и 39 одиночных городских скважин, расположенных на периферии города.

Система водоснабжения централизованная, по своей форме напоминает «дерево». Одиночная протяженность уличной водопроводной сети составляет 554 км. По данным МУП «Водоканал» изношенность городских водопроводных сетей составляет 43 %. Из них на Тверецком водозаборе изношенность составляет 54 %, на Медновском – 55 %. Этот износ постоянно возрастает, что приводит к частым авариям.

Основными водопотребителями являются население и промышленные предприятия нашего города. Население потребляет 64 % добываемой воды, 36 % уходит на технические нужды предприятий, утечка и неучтенные расходы воды составляют 2 %. Лишь 36 % воды, поступающей из водозаборов, пропускается через очистные сооружения. В сутки население потребляет 79 тыс. м<sup>3</sup> воды.

К числу важных факторов охраны здоровья населения относится обеспечение населения доброкачественной питьевой водой, соответствующей гигиеническим нормативам.



Рис. 1. Территория МУП «Водоканал» в г. Твери

Основным водопроводом является коммунальный водопровод МУП «Водоканал» (рис. 1), которым пользуются около 95 % населения.

Данный водопровод включает два групповых водозабора (Медновский и Тверецкий) и одиночные городские скважины. Всего на балансе МУП «Водоканал» числится 135 артезианских скважин. Населением на хозяйственно-бытовые цели используется 64 % добываемой воды и 36 % используется на производственные нужды пищевых, коммунальных и промышленных объектов.

В городе Твери каждый район имеет свою специфику водоснабжения. Центральный и Заволжский районы города обеспечиваются водой из Тверецкого и Медновского водозаборов. Здесь наблюдаются превышения содержания железа и фтора. В ряде участков Центрального и Заволжского районов постоянно работают одиночные скважины МУП «Водоканал». Из этих же источников снабжаются питьевой водой основные территории Московского и Пролетарского районов, где также зафиксированы превышения содержания железа и фтора.

В Пролетарском районе в пос. Мигалово и по пр-ту 50 лет Октября водоснабжение обеспечивается из отдельных глубоких подземных скважин, не связанных с Тверецким водопроводом, где отмечается превышение содержания фтора от 1,7 мг/л до 3,2 мг/л.

Микрорайон «Южный», кроме 2 центральных водопроводов, снабжается также водой из отдельных артезианских скважин. В этом районе вода имеет превышение по общей жесткости до 10,0 мг/л при норме 7,0 мг/л, по железу до 1,5 мг/л при норме 0,3 мг/л. Из крупных ведомственных водопроводов поступает вода жителям района «Пролетарка», в дома МПС, поселок Элеватор, в поселок ДРСУ-2. В этих районах вода имеет превышения по мутности, железу, общей жесткости.

На окраинах города, в районах малоэтажной застройки, сохранено водоснабжение из мелководных артезианских скважин без разводящей сети (децентрализованное водоснабжение). Качество питьевой воды в ряде районов не соответствует гигиеническим нормативам по санитарно-

химическим показателям, а именно по содержанию железа, мутности и частично фтора.

Вода в Твери для хозяйственно-питьевых целей из ведомственных источников подается потребителям без очистки. Очистные сооружения по снижению содержания железа и улучшению органолептических свойств имеются только на Тверецком водозаборе МУП «Водоканал», где функционирует станция обезжелезивания с шестью скоростными фильтрами производительностью 60 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Воды, добытые скважинами Медновского и Тверецкого водозаборов, подаются на станцию обезжелезивания Тверецкого водозабора. На этой станции вода, имеющая повышенное содержание железа и мутности, подвергается очистке. Снижение концентрации железа в исходной воде осуществляется путем окисления его с помощью естественной аэрации с последующим задержанием нерастворимой гидроокиси железа фильтрующей загрузкой скоростных фильтров. В процессе фильтрования снижается в воде и содержание других нерастворимых веществ, которые создают повышенную мутность и цветность. Отфильтрованная вода накапливается в резервуарах чистой воды, где подвергается обеззараживанию хлором и отстаивается. Кроме того, в резервуаре чистой воды происходит доведение содержания фтора в воде до нормы путем смешения вод глубокого и мелкого горизонтов. Усредненная по качественному составу, отстоявшаяся, очищенная и обеззараженная смесь воды из различных горизонтов Медновского и Тверецкого водозаборов из резервуаров чистой воды перекачивается в городскую разводящую сеть водоснабжения.

Показатели качества воды, потребляемой населением, зависят как от её исходного состояния – воды в водоисточниках, артезианских скважинах, так и от возможного ухудшения в разводящей сети (повышение содержания железа и мутности). Анализ неисправностей на сети позволяет сделать вывод, что основными причинами прорывов являются низкое качество

применяемых материалов при строительстве (трубы, смоляной канат), неудовлетворительное качество строительных работ.

Изменение качества воды, как бактериологическое, так и химическое, в коммунальном водопроводе связано со значительной изношенностью сетей, эксплуатационные сроки которых истекли на некоторых участках в три раза и более, неудовлетворительным содержанием внутридомовых сетей.

Положение по всем водоисточникам в Твери по **микробиологическим показателям** в течение многих лет остается благополучным, хотя отмечаются тенденции роста числа неудовлетворительных проб в сети коммунального водопровода.

## Глава 3. ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ВОДНУЮ СРЕДУ\*

### 3. 1. Предприятия энергетики

Взаимодействие энергетических предприятий с окружающей средой происходит на всех стадиях добычи и использования топлива, переработки и передачи энергии. В составе загрязнителей – взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, соединения тяжёлых металлов, сероводород, формальдегид и др. Топливная энергетика базируется на Конаковской ГРЭС (удельный вес – 50 %), Калининской ТЭС, ТЭЦ в Твери, Бежецке, Вышнем Волочке, Ржеве и др. Кроме того, осуществлен пуск четырёх энергоблоков на Калининской АЭС (удельный вес – 47 %).

Основными потребителями воды на ТЭС и АЭС являются конденсаторы турбин. Расход воды зависит от параметров пара и от системы технического водоснабжения. По некоторым оценкам в перспективе будет затрачиваться воды на охлаждение конденсаторов: на ТЭС – 120 кг/(кВт. ч), на АЭС – 220 кг/(кВт. ч). Большие удельные расходы пара на АЭС определяют и большие удельные расходы воды.

При промывке поверхностей агрегатов образуются разбавленные растворы соляной кислоты, едкого натра, аммиака, солей аммония, железа и других веществ. Кроме того, сбросы охлаждающей воды ядерных энергетических установок АЭС не исключают поступления радионуклидов в водную среду.

Основным фактором воздействия на гидросферу являются выбросы теплоты, следствиями которых могут быть: постоянное или временное повышение температуры в водоёме; изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; нарушение ки-

---

\* Отрасли промышленности и сельского хозяйства рассматриваются с учётом экономической специализации Тверского региона.

слородного баланса; изменение распределения осадков, испарений, туманов, и как следствие, нарушение микроклимата территории.

ГЭС также оказывают существенное влияние на природную среду, которое проявляется как в период строительства, так и при их эксплуатации. На территории области находится 9 плотин крупных гидроузлов. Сооружение плотин приводит к затоплению значительной территории (лесных массивов и сельскохозяйственных земель, жилых посёлков, инфраструктуры, месторождений полезных ископаемых) и влияет на рельеф побережья, особенно при строительстве их на равнинных реках. Затопление территории и изменение гидрологического режима вызывает изменения гидрохимического и гидробиологического режимов. Существенно меняется ледовый режим водных масс: сроки ледостава, толщина ледяного покрова. При интенсивном испарении с поверхности водохранилищ возможно нарушение микроклимата территории: повышение влажности воздуха, образование туманов, усиление ветра. Глубинная холодная вода, поступающая в нижний бьеф, может угнетать теплолюбивые растения и микроорганизмы и приводить к изменению видового состава ихтиофауны.

Застойный режим, сбросы сточных вод, заболачивание, накопление тяжёлых металлов в донных отложениях превращает водохранилища в источник *вторичного* загрязнения рек. Так, например, гниение некоторых компонентов донных отложений может привести к выделению сероводорода.

### **3. 2. Машиностроительный комплекс**

Машиностроение в Тверской области сосредоточено в основном в крупных городах и посёлках городского типа. Наиболее крупные предприятия: вагоностроительные заводы в Твери и Торжке, производство башенных кранов (Ржев), «Тверьтехоснастка» (Тверь), станкостроительные предприятия в Кимрах, Нелидово, Белом, «Бежецксельмаш», предприятия электротехнического машиностроения и др.

На машиностроительных предприятиях имеется ряд производств с высоким уровнем загрязнения водной среды.

К ним относятся:

- внутризаводское энергетическое производство и другие процессы, связанные со сжиганием топлива;
- литейное производство;
- металлообработка конструкций и отдельных деталей;
- сварочное производство;
- гальваническое производство;
- лакокрасочное производство.

По уровню загрязнения окружающей среды районы гальванических и красильных цехов сопоставимы с химической промышленностью; литейное производство сравнимо с металлургией; территории заводских котельных – с районами ТЭС.

Гальваническое производство – один из наиболее крупных источников образования сточных вод в машиностроении. Основными загрязнителями сточных вод гальванических производств являются ионы тяжёлых металлов, неорганических кислот и щелочей, цианиды, поверхностно-активные вещества.

Со сточными водами машиностроительного комплекса в водоёмы поступают нефтепродукты, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, ПАВ, цианиды, соединения азота, серы, углерода, железа, меди, фосфора, цинка, никеля, молибдена, хрома, синтетические смолы, органические растворители и катализаторы, индустриальные масла и металлическая пыль.

### **3. 3. Текстильная и химическая промышленность**

Среди всех отраслей промышленности наибольший вклад в загрязнение водоёмов вносят химическая и нефтехимическая промышленность.

Основные загрязнители – нефтепродукты, сульфаты, хлориды, взве-

шенные вещества, азот, фосфор, аммиак, нитраты, нитриты, цианиды, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, ртуть, свинец, хром, цинк, сероводород, сероуглерод, спирты, бензол, формальдегид, фенолы, ПАВ, пестициды.

Химические производства, тяготея к источникам энергии и воды, сосредоточены в крупных городах и ПГТ. Поэтому основные предприятия области расположены в Твери («Химволокно», полиграфические комбинаты, завод стеклопластика и стекловолокна, фармацевтическая фабрика), Торжке (завод полиграфических красок), Нелидове (завод пластмасс), Редкинский опытный завод.

На производство 1 т синтетического волокна расходуется в среднем 2000 м<sup>3</sup> воды, на производство 1 т пластмасс от 500 до 1000 м<sup>3</sup>. В среднем химическое предприятие расходует воды на 1 т продукции около 21 000 м<sup>3</sup>/год.

Наиболее крупные предприятия текстильной промышленности расположены в Твери, Вышнем Волочке, Кимрах, Бологом, Торопце, Козлове, Торжке. На многих из них до сих пор применяется метод разбавления сточных вод свежей водой до норм ПДК, что является действенным при незначительных объемах сброса и уровне разбавления в среднем до 10 – 12 раз. Основными загрязнителями являются органические растворители, взвешенные вещества, красители с содержанием сероводорода, серной кислоты и сульфата натрия, кадмий, хлорированные этилены. Только 20 % красителей адсорбируется волокнами, остальная часть переходит в сточные воды.

Ткацкая отделочная фабрика тратит около 6300 м<sup>3</sup>/год воды на производство 1 т продукции.

### **3. 4. Сельское хозяйство**

Тверская область специализируется на производстве молока, мяса, льна и картофеля. Основными типами хозяйств по специализации являют-

ся хозяйства мясомолочного и молочно-мясного животноводства в сочетании с выращиванием льна, картофеля и зерновых.

Сельское хозяйство оказывает существенное влияние на водный режим и водный баланс территории. Как правило, увеличивается поверхностный сток; соответственно снижается подземный сток и запасы влаги в почве. Кроме того, многократно увеличивается водная эрозия почв.

В сельском хозяйстве используется большое (более 150 видов) количество *пестицидов*, т. е. ядохимикатов, используемых для борьбы с различными вредителями, болезнями, сорняками: *инсектицидов* (насекомые), *фунгицидов* (грибы), *гербицидов* (растения), *акарицидов* (клещи) и др.

В последние годы на поля области ежегодно вносилось около **300 т** этих веществ, ими обрабатывалось около 3/4 всей пашни. Пестициды включаются в процессы биоаккумуляции, приводящей к многократному повышению их концентрации по мере продвижения по пищевым цепям (пример – ДДТ). Серьёзной проблемой применения ядохимикатов остаётся и *резистентность*, т. е. передающееся по наследству привыкание к пестицидам, снижающее их эффективность.

Наиболее вероятными источниками загрязнения являются также стоянки сельскохозяйственных машин, склады ГСМ, мелкие скотные дворы и фермы, склады минеральных удобрений и пестицидов. Количество сельскохозяйственных предприятий, расположенных только на территории береговой полосы в Тверской области (1997 г.) равнялось 111 (т. е. 1/3 всех предприятий). В результате распашки этих территорий прибрежные полосы размываются, разрушается почва, заиливаются русла рек.

Загрязняющие вещества поступают в водоёмы и за счёт смыва с сельскохозяйственных территорий. Существующие оценки показывают, что с поверхности полей смывается до 50 % удобрений и ядохимикатов. Особенно опасны крупные животноводческие комплексы и птицефермы, где уборка навоза производится гидросмывом без очистки сточных вод, в ре-

зультате чего водоёмы загрязняются болезнетворными бактериями, вирусами и гельминтами.

Кроме того, в результате накопления биогенных элементов, прежде всего за счёт удобрений и стоков ферм, происходит эвтрофикация (повышение биологической продуктивности) водоёмов.

### **3. 5. Жилищно-коммунальное хозяйство**

Жилищно-коммунальное хозяйство даёт до половины и более объёма загрязнённых сточных вод, сбрасываемых в водоёмы. В отличие от других водопотребителей оно почти не возвращает в водоисточники очищенную воду.

Загрязнённые стоки городских коммунальных служб в основном складываются из сбросов неочищенных стоков городских очистных сооружений; стока ливневых талых и промывочных вод с селитебной зоны; из утечек и прорывов системы канализации; стоков зон частной застройки; бытовых стоков селитебной территории и утечек нефтепродуктов со стоянок и с территории гаражей.

Особенно сложная ситуация в сельской местности, где практически отсутствует централизованное водоснабжение и нет системы очистных сооружений.

Основными загрязнителями являются соединения азота и фосфора, нитраты, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, ПАВ, нефтепродукты, различные органические соединения.

Кроме того, бытовые стоки, заражённые патогенами, могут быть причиной возникновения различных эпидемий. В водоёмы с недостаточно очищенными стоками попадают возбудители заболеваний, жизнеспособные в течение длительного времени. Через воду распространяются многие виды кишечных инфекций, в частности дизентерия и амёбная дизентерия вирусы гепатита и полиомиелита, туберкулёзные бактерии некоторые виды гельминтов.

## Глава 4. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

### 4. 1. Виды очистки сточных вод

*Основная причина загрязнения водных ресурсов* – аварийный или технологический сброс в водоёмы промышленными, бытовыми и транспортными предприятиями неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод.

Факторами, характеризующими способы очистки, являются используемые на очистку ресурсы, поступающая вода, требуемое качество сточных вод, методы и оборудование, применяемые при очистке, производительность труда, качество продукции и издержки производства.

Для оценки методов очистки сточных вод применяются следующие показатели: *коэффициент очистки сточных вод, экономичность процесса, производительность, эффективность, экономический ущерб.*

При выборе оптимального метода для каждого конкретного производства за рубежом руководствуются, как правило, такими критериями:

- эффективность очистки от загрязнителей, характерных для данного производства;
- токсичность загрязнителей, характерных для данного производства;
- область рационального применения каждого метода;
- экономические показатели.

В зависимости от типа процессов, протекающих в очистных сооружениях, различают *механическую, физико-химическую и биологическую* очистку сточных вод. При необходимости воды подвергают *доочистке*. Перед сбросом в водоёмы сточные воды должны обеззараживаться с целью уничтожения болезнетворных микроорганизмов.

**Механическая очистка** предназначена для задержания нерастворимых примесей (результат – до 60%). К сооружениям для механической очистки (рис. 2) относятся решётки и сита (крупные примеси), песколовки (минеральные примеси и песок), отстойники (медленно оседающие и плавающие примеси) и фильтры (мелкие нерастворённые примеси). Специфические примеси удаляются с помощью жироловок, нефтеловушек, смолоуловителей и др. Механическая очистка – предварительная ступень перед биологической очисткой.

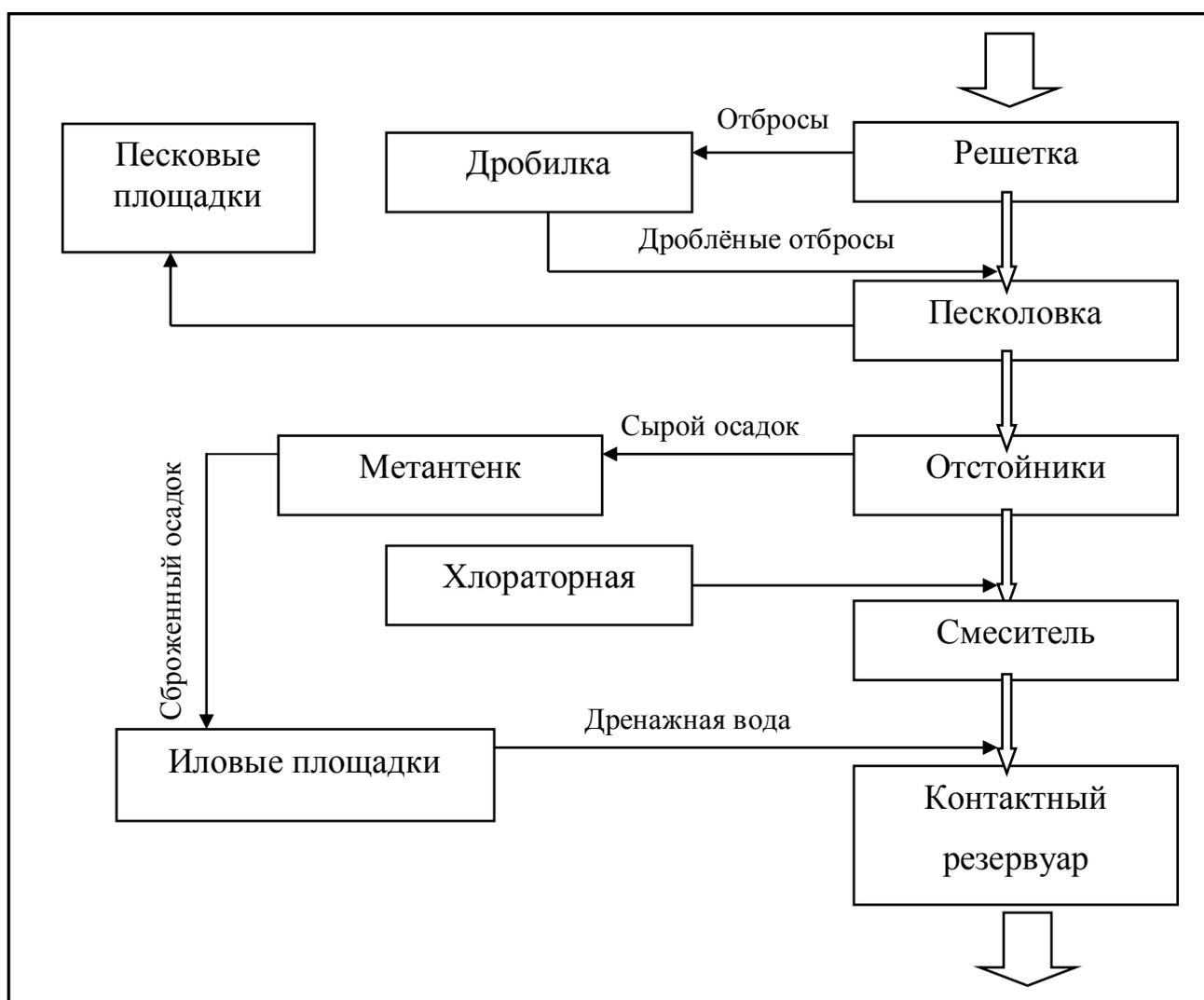


Рис. 2. Технологическая схема очистной станции с механической очисткой сточных вод

**Физико-химические методы** (рис. 3) применяются в основном для производственных сточных вод. К этим методам относятся реагентная

очистка (нейтрализация, коагуляция, озонирование, хлорирование и др.), сорбция, экстракция, эвапорация, флотация, перегонка и др.

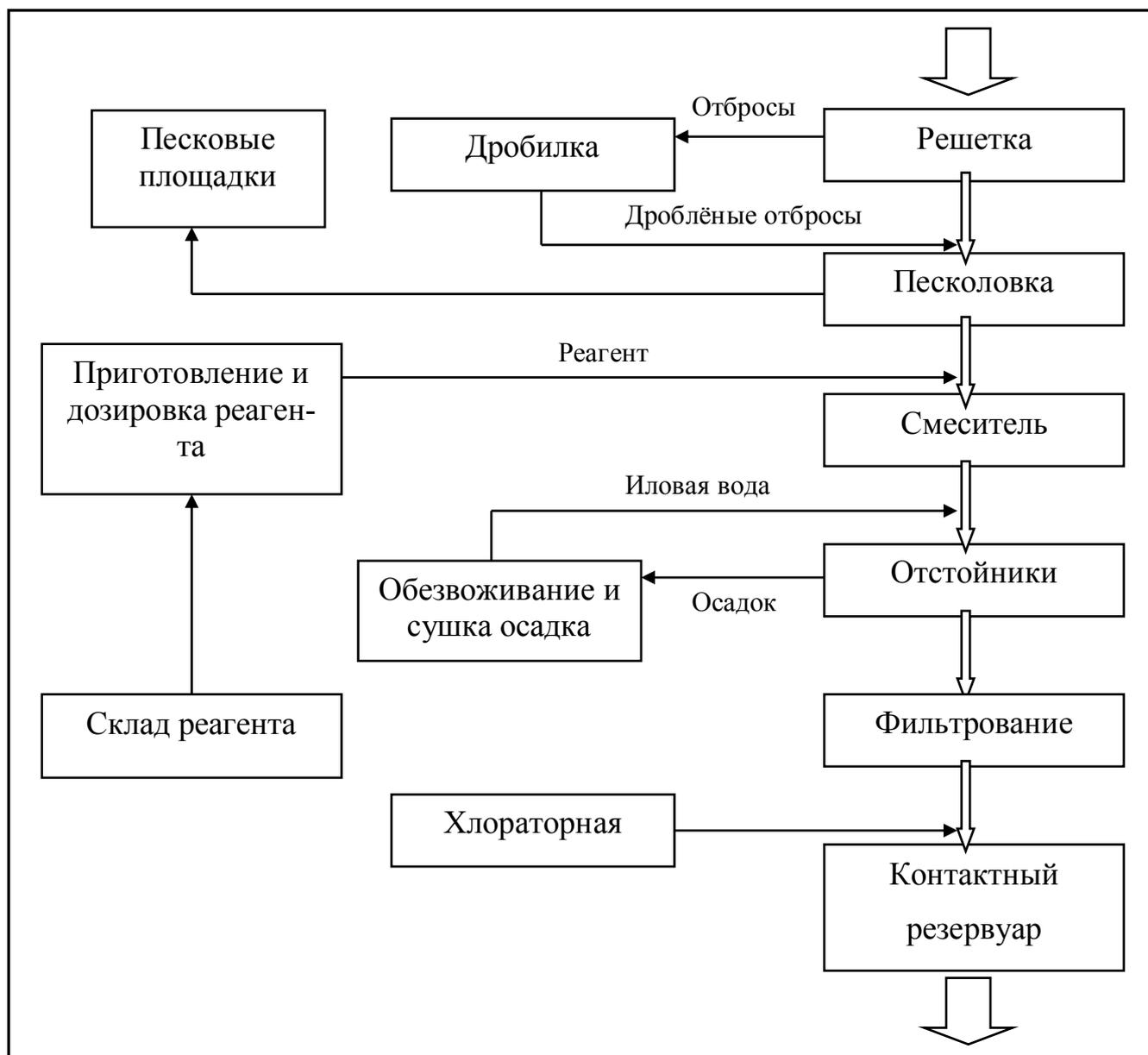


Рис. 3. Технологическая схема очистной станции с физико-химической очисткой сточных вод

*Фильтрование* – процесс, основанный на разделении системы газ – жидкая фаза с помощью пористого материала (пористые, тканевые, зернистые фильтры).

*Коагуляция* – процесс укрупнения частиц до образования хлопьев с их последующим осаждением и фильтрованием. В качестве коагулянтов используют сернокислый алюминий  $Al_2(SO_4)_3$ , хлорное железо  $FeCl_3$ , сер-

нокислородное железо  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , известь  $\text{CaCO}_3$ .

*Магнитный метод* – изменение траектории движения частиц в системе посредством магнитного поля и их последующее отделение.

*Нейтрализация* – химические реакции с применением кислот или/и оснований, приводящие в общем виде к образованию соли и воды.

*Озонирование* – обеззараживание посредством  $\text{O}_3$ .

*Сорбция* – поглощение твёрдым телом или жидкостью какого-либо вещества. *Адсорбция* – поглощение вещества из жидкой среды поверхностным слоем адсорбента. *Абсорбция* – поглощение вещества из жидкой среды всей массой другого вещества (абсорбента). *Хемосорбция* – поглощение вещества поверхностью какого-либо тела в результате образования химической связи между молекулами.

*Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц, основанный на различии их в смачиваемости водой. Основана на образовании комплексов «частица – воздушные пузырьки», которые всплывают и могут быть удалены с поверхности в виде пенного слоя.

*Хлорирование* – обеззараживание воды путём обработки газообразным хлором, хлорной известью или другими хлорсодержащими соединениями. Применяется также для обесцвечивания и дезодорации воды.

*Эвапорация* – процесс извлечения компонентов смеси путём её выпаривания.

*Перегонка* – метод основан на разделении и удалении через открытую жидкую поверхность соединений, имеющих разную температуру кипения.

*Экстракция* – способ разделения и извлечения компонентов смеси путём их перевода из одной жидкой фазы в другую, содержащую экстрагент (вещество, способное избирательно извлекать отдельные компоненты из смесей).

*Ионный обмен* – улавливание катионов и анионов химических соединений естественными материалами или синтетическими смолами с после-

дующей регенерацией последних и получением уловленных продуктов.

**Биологическая очистка** основана на использовании микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности разрушают органические соединения, т. е. их минерализуют. Микроорганизмы используют органические вещества в качестве источника питательных веществ и энергии.

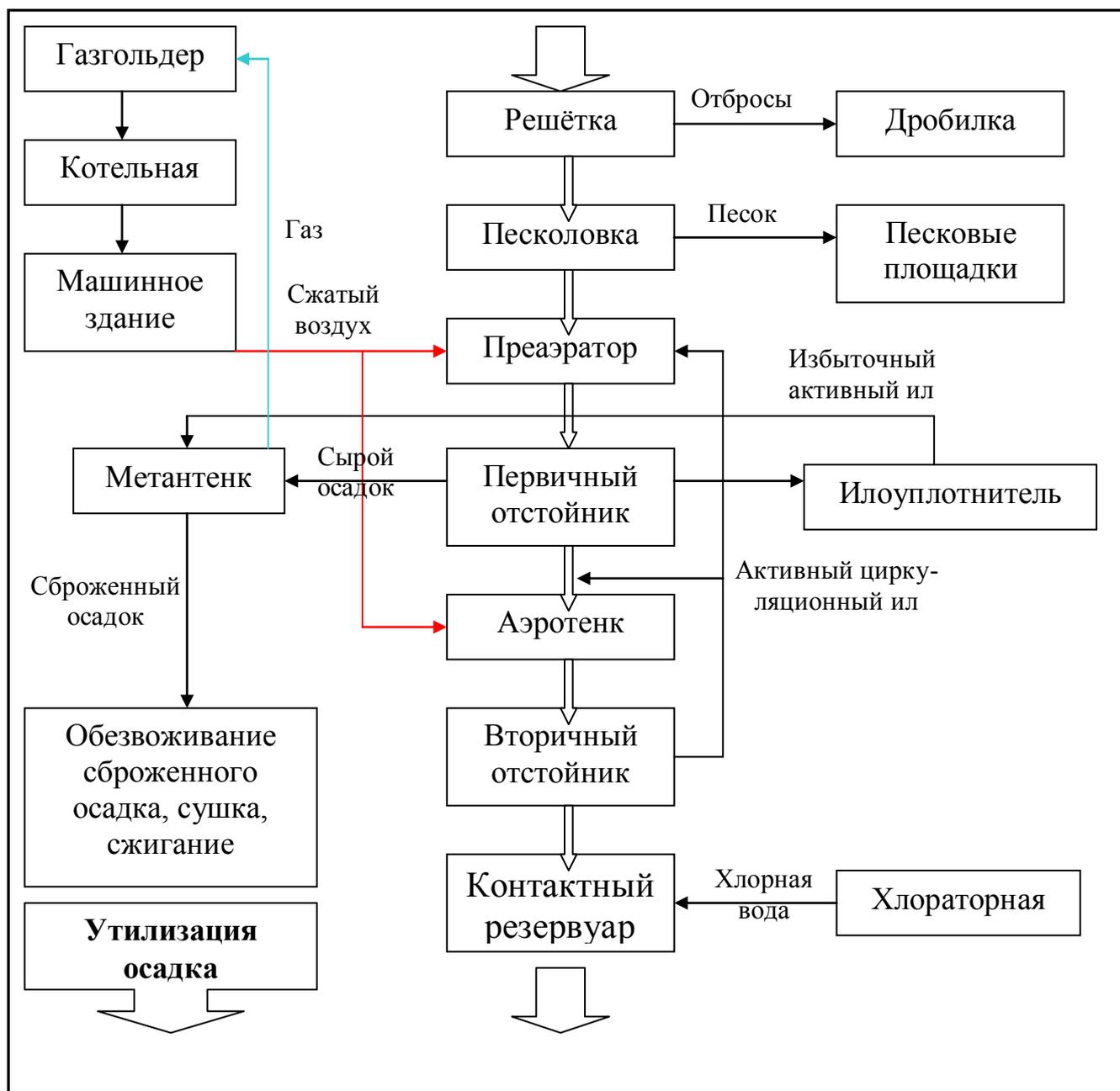


Рис. 4. Технологическая схема станции с биологической очисткой сточных вод

Сооружения биологической очистки (рис. 4) делят на два типа:

- очистка происходит в условиях, близких к естественным (поля фильтрации и биологические пруды);

– очистка происходит в искусственно созданных условиях (биофильтры и аэротенки).

*Поля фильтрации* – земельные участки, разделённые на секции, по которым равномерно распределяется сточная вода, фильтрующаяся через поры грунта. Профильтрованная вода по дренажным трубам и канавам возвращается в водоём. На поверхности почвы образуется биологическая плёнка из аэробных микроорганизмов, минерализующих органику.  $O_2$  может проникать на глубину до 30 см; глубже минерализация осуществляется за счёт анаэробных микроорганизмов.

*Биологические пруды* – искусственные неглубокие водоёмы, в которых протекают естественные биохимические процессы самоочищения воды в аэробных и анаэробных условиях. Используются как для первичной биологической очистки, так и для доочистки сточных вод. Насыщение воды  $O_2$  происходит вследствие естественной атмосферной аэрации и фотосинтеза.

*Биофильтры* – сооружения, состоящие из резервуаров с фильтрующим материалом, дренажем и устройством распределения воды, в которых создаются условия для интенсификации естественных биохимических процессов.

*Аэротенк* – резервуар, в который поступают сточная вода после механической очистки, активный ил и непрерывно воздух. Хлопья ила представляют собой биоценоз аэробных микроорганизмов – минерализаторов (бактерий, простейших, червей и др.).

*Обеззараживание* – заключительный этап обработки сточных вод перед сбросом в водоём. Наиболее распространённый способ – дезинфекция путём хлорирования газообразным хлором  $Cl_2$  или хлорной известью.

*Обработка осадков* производится с целью снижения их влажности и объёма, обеззараживания и подготовки к утилизации. Задерживающиеся на решётках грубые отбросы вывозят на свалки или после дробления направ-

ляют в специальные сооружения. Песок из песколовок поступает на песковые площадки для обезвоживания, а затем используется по назначению. Для обработки осадков из отстойников используют самостоятельную группу сооружений: иловые площадки, метантенки, аэробные стабилизаторы, установки для обезвоживания и сушки.

*Метантенки* – герметически закрытые резервуары, где анаэробные бактерии в термофильных условиях (30 – 43 °С) сбраживают осадок из первичных и вторичных отстойников. В процессе брожения выделяются газы:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и др., используемые затем для различных целей. Осадки из метантенков, имеющие влажность 97 %, обезвоживают на иловых площадках или вакуум-фильтрах и центрифугах. В результате осадок уменьшается в объёме в 7 – 15 раз и имеет влажность 50 – 80 %.

*Аэробная стабилизация* – резервуарный процесс минерализации аэробными микроорганизмами органической части осадков при постоянной продувке воздухом.

#### **4. 2. Экологизация процессов очистки сточных вод**

*Экологизация* – процесс постепенного внедрения технологических, управленческих, организационных систем решений, позволяющих повышать эффективность использования ресурсов с улучшением или хотя бы с сохранением природной среды.

Одним из основных таких мероприятий является разработка безотходных или малоотходных технологий и технологических цепей. Составными элементами таких технологий являются:

- комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов;
- уменьшение или полное исключение загрязнения среды промежуточными продуктами;

– создание замкнутых систем производственного цикла.

Очистные сооружения необходимо рассматривать с учётом их воздействия на окружающую среду твёрдыми отходами (размещение, захоронения, отторжение земель, инфильтрационное загрязнение подземных вод, выделение газов), газовыми выбросами (сероводород), компонентами очищенных сточных вод.

В настоящее время наибольшую сложность представляет не только проблема очистки сточных вод, но и *обработка, и утилизация их твёрдой фазы*. Количество отходов очистки в зависимости от исходного состава, расхода сточных вод и методов очистки составляет в среднем от 0.01 % до 3 % от объёма. Влажность колеблется от 85 % до 99.8 %.

Основные задачи обработки шламов и осадков сточных вод: обезвоживание, обезжиривание и утилизация.

В настоящее время имеется промышленный опыт возврата в основное производство шламов очистки сточных вод стекольных, оптико-механических, металлургических предприятий, заводов по выпуску стройматериалов, некоторых химических производств. В качестве добавок во вспомогательные производства – на мясокомбинаты, молокозаводы (технический жир, ланолин, жирозаменители), гидролизные заводы и целлюлозно-бумажный комбинаты (производство древесноволокнистых плит, картона, целлюлозы).

Осадки сточных вод с иловых площадок, смешанные с городским мусором и по определённой технологии компостируемые, могут использоваться как удобрения садовых и сельскохозяйственных культур.

Основная проблема утилизации шламов от очистки – предотвращение вторичного загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами. Наиболее распространённым способом утилизации шламов является складирование их на полигонах промышленных отходов. Шламы подвергаются отвердению цементом, битумом, обработке полимерными связующими.

Имеется опыт утилизации шламов тяжёлых металлов в производстве строительной керамики, кирпича, черепицы.

Прошедшие обязательную биологическую очистку сточные воды могут использоваться и в сельском хозяйстве. Для распределения воды на участках, засеянных сельскохозяйственными культурами, применяется метод дождевания. Дополнительным преимуществом применения сточных вод для полива можно считать удобрение почвы содержащимися в них питательными веществами, улучшающими её качественный состав. Это прежде всего азот, соли калия, фосфаты и остатки органических веществ.

## Глава 5. ИСТОРИЯ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА

### 5. 1. Краткая история

Жизнь человека во все времена была тесно связана с водой. Водные объекты, в особенности реки, способствовали возникновению древнейших очагов культуры в Месопотамии, Египте, Индии, Китае, на Армянском нагорье, в Центральной и Южной Америке. Возраст некоторых гидротехнических сооружений – ирригационных и судоходных каналов, дамб и водохранилищ – около 8000 лет!

В то время, когда на территории современной Финляндии и Карелии ещё, возможно, кое-где таяли остатки льдов последнего периода оледенения, а река Нева ещё не успела образоваться, в Египте уже велись простейшие гидрологические наблюдения – на скалах в 400 км выше Асуана отмечали уровни воды во время разлива Нила.

Древние выполняли грандиозные, даже по современным масштабам, гидротехнические работы. Они сводились в основном к мелиорированию болотистых заливных земель по берегам рек (Нил, междуречье Тигра и Евфрата, Инд, Хуанхэ), возведению дамб, созданию систем ирригации и осушения. Это требовало от древних строителей данных наблюдений за уровнем водных объектов и их режимом, состоянием и уровнем подземных вод; наблюдений за состоянием атмосферы.

Но только в период древнегреческой цивилизации человек впервые предпринимает серьёзные попытки понять явления природы и начинает задумываться над их естественными причинами.

Уникальные гидротехнические сооружения были построены во время расцвета Римской империи. При правлении императора Нервы в Риме насчитывалось около 2 млн жителей. Ежедневно по трубопроводам подавалось до 1 млрд литров воды. В сутки на одного жителя приходилось 500 л. Эта величина характерна для современных городов с миллионным населением. Отдельные части канализационной системы города, построенной в

то же время, использовались вплоть до конца XIX в.

Важным рубежом можно считать конец XVII в., когда на основании экспериментальных измерений и расчётов осадков, стока и испарения впервые были установлены количественные соотношения главных фаз круговорота воды и опровергнуты господствовавшие в то время фантастические представления о происхождении рек, источников и подземных вод.

Начало гидрологических наблюдений в России относится к XV – XVI вв. В русских летописях содержатся сведения о наводнениях, паводках, замерзании и вскрытиях рек. Много данных приведено в «Книге Большому чертежу» – приложении к одной из первых карт России (1552 г.). В XVII в. начались наблюдения за уровнем воды на реке Москве.

При Петре I проводились первые гидрологические изыскания на реках Дон, Ока и Волга для их судоходного использования. В 1715 г. были организованы постоянные наблюдения за режимом реки Невы у Петропавловской крепости.

## **5. 2. Определение и концепции мониторинга**

Наблюдения за состоянием окружающей природной среды ведутся человеком давно. Они необходимы для определения условий обитания, ведения хозяйства, принятия мер по предотвращению неблагоприятных воздействий на жизнь людей и т. д. В состав данных о качестве среды входит как информация о существующем состоянии, так и прогнозы изменений природных условий.

Как видно из истории, уже на ранних этапах развития цивилизации и культуры люди научились измерять важнейшие характеристики окружающей среды. Примером первых измерительных устройств могут служить «Ниломеры», применявшиеся для регистрации уровней воды на реке Нил; дождемеры, известные древнегреческим учёным, и даже древнейшие обсерватории (приливы) на территории Евразии и Северной Африки.

Практическим применением наблюдений может служить использование с глубокой древности растений как индикаторов для отыскания пресных вод в аридных областях – метод наблюдения, именуемый теперь биоиндикацией.

Важным рубежом в истории изучения окружающей среды можно считать эпоху Ренессанса, когда появились первые достаточно точные измерительные приборы (термометр Галилея, ртутный барометр Торричелли); это время первых экспериментальных измерений и расчётов осадков, стока и испарения и начало регулярных наблюдений за погодой и климатом, в том числе и в России.

В XIX и особенно в XX в. благодаря ряду важных разработок в области средств связи стала возможной обработка данных в почти реальном масштабе времени и появилась возможность всестороннего исследования окружающей среды и прогнозирования природных явлений.

Мы знаем, что биосфера меняется как под влиянием *естественных процессов*, так и вследствие *антропогенных воздействий*. Биосфера, по словам В. И. Вернадского, *химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется физически и химически воздушная оболочка суши, все её природные воды.*

Естественные изменения среды изучаются гидрометеорологической, сейсмической, ионосферной, гравиметрической, магнитометрической и другими службами. Чтобы выделить эти антропогенные изменения *на фоне* естественных воздействий, необходимы специальные наблюдения.

Систему наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды называют *мониторингом*.

*Мониторинг – это система контроля, оценки и прогноза качества окружающей природной среды, включающая наблюдения за воздействием на неё человека.*

Идея глобального мониторинга появилась в 1971 г. в связи с подготовкой к проведению Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972). Первые предложения по разработке такой системы были выдвинуты Научным комитетом по проблемам окружающей среды. Первая концепция мониторинга, предложенная профессором Р. Мэнном, была обсуждена на первом межправительственном совещании по мониторингу (Найроби, 1974).

В российской науке теоретические аспекты проблемы представлены двумя концепциями.

**Концепция И. П. Герасимова.** Мониторинг состоит из двух блоков. Первый, исходный блок – биоэкологический мониторинг, в задачу которого входит наблюдение за влиянием среды на состояние здоровья людей. Второй блок – геоэкологический мониторинг, его содержание – наблюдение за изменением природных экосистем и преобразование их в природно-технические.

**Концепция Ю. А. Израэля.** Мониторинг – информационная система для обнаружения антропогенных изменений окружающей среды на фоне её естественных колебаний. В задачи такой системы входят, во-первых, слежение за факторами воздействия на среду, её состоянием и изменениями, во-вторых, прогноз состояния биосферы и, в-третьих, оценка изменений этого состояния и его тенденций. Состояние среды можно оценивать по отдельным аналитическим или интегральным синтетическим показателям, используя в качестве критериев ПДК или экологически допустимые концентрации.

Основные вопросы концепции И. П. Герасимова более подробно рассматриваются в курсе «Геоэкология», поэтому «Мониторинг водных объектов» будет строиться на положениях концепции Ю. А. Израэля.

### 5. 3. Виды и структура мониторинга

Выделяют глобальный, национальный, региональный, локальный и импактный мониторинги.

*Глобальный (биосферный или базовый)* мониторинг осуществляется на основе международного сотрудничества и позволяет оценить современное состояние всей природной системы Земли в целом.

В настоящее время в рамках проекта ООН создана *глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС)* с центром в Канаде. Частью этой системы является программа, посвященная водным проблемам, – *ГСМОС (Вода)*.

В программе ГСМОС (Вода) активное участие принимают 4 специализированных учреждения ООН: Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Всемирная метеорологическая организация (ВМО) и Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО).

*Задачами* программы ГСМОС (Вода) является следующее:

- *мониторинг распространения и трансформации загрязняющих веществ в водной среде;*
- *оповещение о серьезном нарушении состояния водных объектов;*
- *напоминание правительствам о необходимости принятия мероприятий по охране, восстановлению и улучшению окружающей среды.*

*Программа* ГСМОС (Вода) включает 7 основных пунктов:

- *создание всемирной сети станций мониторинга;*
- *разработка единой методики отбора и анализа проб воды;*
- *осуществление контроля за точностью данных;*
- *использование современных систем хранения и распространения информации;*
- *организация повышения квалификации для специалистов;*

- подготовка методических справочников;
- обеспечение необходимым оборудованием (в отдельных случаях).

**Национальный** мониторинг осуществляется в пределах государства специально созданными органами.

В 1972 г. на базе станций гидрометеослужбы организована **Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды (ОГСНК)**, построенная по иерархическому принципу (рис. 5):



Рис. 5. Структура ОГСНК

ОГСНК состоит из **нескольких уровней**:

- станций наблюдения (первичных пунктов), осуществляющих наблюдения, определенную обработку и обобщение данных;
- территориальных и региональных центров, осуществляющих обобщения, анализ материалов, составление местных прогнозов и оценку состояния окружающей среды по своей территории;
- Гидрометцентра и других головных центров (НИИ).

Помимо ОГСНК Росгидромета мониторинг осуществляет ряд служб, министерств и ведомств.

Результат деятельности этих организаций – **водный кадастр**. Государственный водный кадастр представляет собой систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны, включающий количественные и качественные показатели, данные регистрации водопользователей и учета использования вод. Основная задача ГВК – обеспечение народного хозяйства необходимыми данными о водных ресурсах, водных объектах, режиме, качестве и использовании природных вод, а также водопользователях.

**Региональный** мониторинг осуществляется за счёт станций системы, куда поступает информация в пределах крупных районов, подверженных интенсивному хозяйственному освоению, а следовательно, и антропогенному воздействию.

Для проведения мониторинга *вод суши* организуется стационарная сеть пунктов наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод, специализированная сеть пунктов для решения научно-исследовательских задач или временная экспедиционная сеть пунктов.

**Локальный** мониторинг представляет собой наблюдения за водной и воздушной средой различных зон города, промышленных и сельскохозяйственных районов и отдельных предприятий.

**Импактный** мониторинг обеспечивает наблюдения в особо опасных зонах и местах, непосредственно примыкающих к источникам загрязняющих веществ.

Структура системы мониторинга включает 4 блока: «Наблюдения», «Оценка фактического состояния», «Прогноз состояния» и «Оценка прогнозируемого состояния».

## Глава 6. МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

### 6. 1. Наземные наблюдения

Мониторинг должен включать наблюдения за источниками и характером воздействия; состоянием окружающей природной среды экосистем и биосферы в целом. Подразумевается также получение данных о фоновом состоянии наблюдаемых объектов.

Для определения динамики изменений состояния среды измерения должны проводиться через определённые интервалы времени, а по важнейшим показателям – непрерывно. Для выделения антропогенных воздействий необходимо знать первоначальное состояние экосистем. Для этого необходима информация о *фоновом* состоянии водной среды (наблюдения на местах, удалённых от источников воздействия), как в целом, так и каждого региона и района.

Наземные наблюдения по глобальному мониторингу за водными объектами проводятся в биосферных заповедниках. Сеть станций должна охватывать каждый из биомов на Земле. Общее количество станций оценено в 20 – 40 единиц. Наблюдения на станциях глобального фонового мониторинга носят комплексный характер. Диагностируется атмосфера (на высоте 2 м от подстилающей поверхности); атмосферные выпадения и снежный покров; водные объекты; почва и биологические объекты. Все работы проводятся по единой программе.

Мониторинг водных объектов включает наблюдения за поверхностными и подземными водами, донными отложениями и взвесями. Отслеживаются свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, бензапирен, ДДТ, хлорорганические соединения и биогенные элементы. Вода и взвеси наблюдаются в характерные гидрологические периоды (половодье, межень, паводки), а донные отложения – один раз в год.

При проведении работ широко используются методы химического и физико-химического анализа, позволяющие определить количественный и

качественный состав загрязняющих веществ в природной среде.

Стандартными методами контроля за состоянием загрязнения вод на более низких уровнях являются также определение *химического потребления кислорода (ХПК)* и *биохимического потребления кислорода (БПК)*.

*Химическое потребление кислорода* – величина, характеризующая общее содержание в загрязнённой воде органических и неорганических восстановителей, реагирующих с сильными окислителями. ХПК обычно выражают в единицах количества кислорода, расходуемого на окисление.

*Биохимическое потребление кислорода* – количество кислорода на единицу объёма воды (1 л), необходимое на окисление всех органических веществ в аэробных условиях за определённое время (несколько суток).

При анализе состава сточных вод чаще всего применяют «многокомпонентные» методы, позволяющие определять широкий спектр химических веществ. К ним относятся атомно-эмиссионный, рентгеновский и хроматографический методы.

Отдельным видом наземных наблюдений можно считать *«наземную или полевую проверку»*, т. е. наблюдения поверхности Земли на специально выбранных тестовых участках в связи с дистанционными исследованиями.

Подобные наблюдения проводятся для проверки точности и калибровки приборов, используемых в дистанционных методах зондирования, и для проверки правильности интерпретации информации, полученной на основе показаний этих приборов.

## **6. 2. Биоиндикационные методы**

Видовой состав и численность обитателей водоема зависят от свойств воды. Главная идея биомониторинга состоит в том, что гидробионты отражают сложившиеся в водоеме условия среды. Те виды, для которых эти условия неблагоприятны, выпадают, заменяясь новыми видами с иными потребностями.

**Биоиндикация** – метод обнаружения и оценки воздействия абиотических и биотических факторов на живые организмы при помощи биологических систем, обнаружения и определения антропогенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ. Это исследование группы особей одного вида или биотических сообществ, по наличию, состоянию, и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.

Простейшим диагностическим признаком служит *общий физиономический облик*, обусловленный преобладанием тех или иных жизненных форм организмов. Характерным индикатором является *видовой состав*.

Возможны следующие уровни биоиндикации:

- *биохимические и физиологические реакции (изменение различных процессов и накопление определённых токсиантов в органах);*
- *аналитические, морфологические, биоритмические и поведенческие реакции;*
- *флористические и фаунистические изменения;*
- *популяционные, биогеоценологические и экосистемные изменения.*

Биоиндикаторами могут служить как отдельные процессы в клетке или организме (уменьшение содержания хлорофилла, накопление серы в листьях), так и морфологические изменения (изменения формы и размера листовой пластинки, снижение линейного и радиального прироста).

Существуют два основных метода биоиндикации: пассивный и активный. В первом случае исследуют видимые или незаметные повреждения и отклонения от нормы, являющиеся признаками неблагоприятного воздействия, во втором используют ответную реакцию наиболее чувствительных к данному фактору организмов (биотестирование). Это может быть как один фактор (СО<sub>2</sub>), так и многокомпонентная смесь (выхлопные газы).

В порядке возрастания толерантности к загрязнениям растительные организмы можно расположить так: грибы, лишайники, хвойные, травянистые растения, листопадные деревья.

### **6. 3. Физико-химические методы**

Для проведения физико-химического анализа воды необходимо правильно провести отбор проб. В зависимости от цели исследования проба воды для анализа может быть получена несколькими способами:

- путем однократного отбора всего количества воды, нужного для анализа;
- смещение проб, отработанных через определенные промежутки времени в одном месте исследуемого водоема;
- смещение проб, отработанных одновременно в разных местах исследуемого водоема.

Отбор проб воды на проточных водоемах производится на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта), а на непроточных водоемах и водохранилищах – на 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Обычно пробы в створе отбираются в трех точках (у обоих берегов и в фарватере); при ограниченных технических возможностях или на небольших водоемах допускается отбор проб в одной – двух точках (в местах наиболее сильного течения). Чаще всего пробы отбираются в 5 – 10 м от берега на глубине 50 см. Объектом особого внимания должны стать загрязненные струи.

Если на реке имеется сброс сточных вод от промышленных предприятий, стоки животноводческих ферм и т. д., то отбор проб воды проводят ниже сброса на 500 м, что позволяет контролировать степень загрязнения воды в реке сточными водами (для сравнения следует взять пробу на 500 м выше сброса сточных вод).

Если предполагается, что в результате сброса сточных вод в придонных слоях накапливаются оседающие вредные вещества, которые могут стать источником вторичного загрязнения воды, отбирают природные пробы на расстоянии 30 – 50 см от дна.

В водохранилищах, озерах, прудах, где течение воды резко замедленно, качество воды может быть неоднородным на различных участках (здесь возможно возникновение вторичных источников загрязнения), поэтому в этих водоемах обычно берут серию проб по глубине.

Сразу же после взятия пробы необходимо сделать запись об условиях сбора, направлении ветра, указать дату и час отбора воды.

#### **6. 4. Дистанционное зондирование**

Под *дистанционным наблюдением* понимают бесконтактную регистрацию электромагнитного поля и интерпретацию полученных изображений. Преимущества дистанционных методов наблюдения заключаются в многомасштабности и многовременности (табл. 2).

*Таблица 2. Периодичность дистанционных наблюдений за основными природными и антропогенными процессами*

<b>Процесс</b>	<b>Периодичность</b>	<b>Сезон</b>
Ледовый покров на реках и озёрах	25 – 30 дней	Весна, осень
Речные бассейны	1 год	Лето
Выходы подземных вод	1 год	Лето
Биологическое загрязнение акваторий	2 недели	Весь год

Система ДМЗ состоит из следующих элементов:

- *банка данных исходной информации;*
- *регулярно пополняемого банка аэрокосмических материалов;*
- *системы оперативного дешифрирования материалов съёмки.*

Дистанционные методы наблюдения включают:

- *составление тематических карт, отражающих распределение и состояние природных и антропогенных объектов на начало работ по мониторингу;*
- *осуществление регулярного картографического слежения за происходящими изменениями природных и антропогенных объектов на основании регулярно повторяемых аэрокосмических съёмки.*

Все дистанционные методы наблюдений за окружающей средой можно подразделить на **активные** и **пассивные**. В основе обоих методов лежит взаимодействие электромагнитных волн оптического диапазона частот с материальными объектами и распространение этих волн в вакууме, атмосфере и в водной среде.

Особенностью пассивных методов является наличие в аппаратуре лишь приёмника оптического излучения. Источником излучения, несущего информацию об объекте, служит в конечном счете Солнце.

В активных методах аппаратура включает не только приёмник, но и источник зондирующего излучения (сигнала), посылаемого с летательного аппарата на Землю.

На современном этапе развития техники дистанционного зондирования из космоса используются в основном пассивные методы, требующие малогабаритной аппаратуры с умеренным потреблением энергии. Использование передатчика в активных методах приводит к увеличению размеров аппарата, его массы и требуемой энергии. Однако информативность активных методов значительно выше.

Носителями аппаратуры могут быть различные наземные установки (вышки), аэростаты, средневысотные и высотные беспилотные и пилотируемые самолёты, высотные научно-исследовательские ракеты, пилотируемые космические летательные аппараты и орбитальные станции, искусственные спутники Земли.

**Пассивные методы.** Простейшим оптическим методом исследования Земли из космоса является визуальное наблюдение. К приборам, работающим в видимом диапазоне электромагнитного спектра, относятся различного типа фотографические камеры (покадровые, панорамные и щелевые) и телевизионные камеры со специальной передающей электронно-лучевой трубкой. Кроме того, для получения изображения в нескольких диапазонах длин волн применяется многозональное фотографирование. Преимуществом этой аппаратуры являются её надёжность, хорошая разрешающая способность на местности, большая информативность. Недостатки – зависимость от облачности и солнечного освещения.

К приборам, работающим за пределами видимого диапазона электромагнитного спектра, относятся инфракрасные и микроволновые радиометры, измеряющие величину потока излучения, образующегося отражённой и рассеянной солнечной радиацией и собственным излучением земной поверхности и атмосферы в различных диапазонах длин волн. Инфракрасные радиометры по своим преимуществам и недостаткам сходны с системами, работающим в видимом диапазоне спектра. Микроволновые радиометры имеют невысокую разрешающую способность, но их работа не зависит от погодных условий.

**Активные методы.** К активным средствам зондирования, посылающим сигналы и регистрирующим их отражение от земной поверхности, относятся микроволновые радары и лидары (лазерные радары). Основными преимуществами этих систем являются независимость от погодных условий и освещения, зондирование поверхностных слоёв, в том числе вглубь. Недостатки – невысокая разрешающая способность, мелкий масштаб изображения.

## Глава 7. ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

### 7. 1. Органолептические показатели воды

**Содержание взвешенных частиц.** Этот показатель качества воды определяют путем фильтрования заданного объема воды через бумажный фильтр и последующего высушивания осадка на фильтре в сушильном шкафу до постоянной массы.

**Цветность** природных вод обусловлена главным образом присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки. Цветность определяют визуально, сравнивая с растворами, имитирующими цветность природных вод.

**Цвет.** При загрязнении водоема стоками промышленных предприятий вода может иметь окраску, не свойственную цветности природных вод. Для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения окраска не должна обнаруживаться в столбике высотой 20 см, для водоемов культурно-бытового назначения – 10 см.

**Прозрачность** воды зависит от нескольких факторов: количества взвешенных частиц ила, глины, песка, микроорганизмов, содержания химических веществ. Прозрачность характеризуется предельной глубиной, на которой еще виден специально опускаемый белый диск диаметром около 20 см (диск Секки).

**Запах** воды обусловлен наличием в ней пахнущих веществ, которые попадают в нее естественным путем и со сточными водами. Запах воды водоемов не должен превышать 2 баллов, обнаруживаемых непосредственно в воде или (для водоемов хозяйственно-питьевого назначения) после хлорирования.

**Водородный показатель (рН).** Питьевая вода должна иметь нейтральную реакцию (рН около 7). Величина рН воды водоемов хозяйствен-

ного, питьевого, культурно-бытового назначения регламентируется в пределах 6,5 – 8,5.

**Сухой остаток.** Это остаток, полученный после выпаривания отфильтрованной пробы воды и высушенный до постоянной массы при 110 – 120<sup>0</sup> С. Сухой остаток характеризуется содержанием минеральных и частично органических примесей, образующих с водой истинные и коллоидные растворы.

**Жесткость воды.** Различают общую, временную и постоянную жесткость воды. Общая жесткость обусловлена главным образом присутствием растворенных соединений кальция и магния в воде. Временная жесткость иначе называется устранимой или карбонатной. Она обусловлена наличием гидрокарбонатов кальция и магния. Постоянная (некарбонатная) жесткость вызвана присутствием других растворимых солей кальция и магния.

**Растворенный кислород.** Концентрация кислорода, растворенного в водоемах санитарного водопользования, в пробе, отработанной до 12 ч дня, должна быть не менее 4 мг кислорода/л в любой период года.

**Окисляемость** – общее количество содержащихся в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями (например, дихроматом, перманганатом и др.).

**Биохимическое потребление** кислорода (БПК) – это количество кислорода (мг), требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях при 20<sup>0</sup> С в результате протекающих в воде биохимических процессов за определенный период времени (БПК за 3, 5, 10, 20 суток и т. д.).

## **7. 2. Предельно допустимые концентрации (ПДК)**

Система наблюдений за состоянием окружающей природной среды тесно связана с оценкой её состояния, т. е. оценкой качества среды.

**Качество окружающей среды** – степень соответствия природных условий физиологическим возможностям человека. Различают здоровую окружающую природную среду, когда здоровье человека в норме, и нездоровую, при которой возникают его нарушения.

Для оценки качества среды разработаны специальные стандарты. Они подразделяются на производственно-хозяйственные и экологические и устанавливают предельно допустимые нормы антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

**Нормирование качества окружающей среды** – деятельность по установлению норм предельно допустимых воздействий человека на природу. Под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных и других интересов человека, вносящая изменения в природную среду.

В настоящее время качество питьевой воды, как правило, оценивается путем сравнения ее свойств и величин содержания в воде различных компонентов с их утвержденными значениями и ПДК. Если таких превышений не обнаружено, вода считается годной к употреблению для питьевых целей.

**Гигиенические стандарты и нормативы** – наиболее разработанная система норм, правил и регламентов для оценки качества окружающей среды.

Они устанавливаются в интересах охраны здоровья человека и сохранения генофонда некоторых популяций растительного и животного мира. Гигиенические нормативы, устанавливаемые в виде *предельно допустимых концентраций (ПДК)*, охватывают производственную и жилищно-бытовую сферы жизни человека. Для питьевой воды ПДК некоторых вредных веществ были утверждены ещё в 1939 г. В настоящее время число установленных ПДК для водных объектов различного назначения приблизилось к 2000.

*ПДК – такие концентрации вредных веществ, которые практически не оказывают влияния на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.*

Основой для разработки санитарно-гигиенических и санитарно-эпидемиологических стандартов служат методы медицинской и ветеринарной токсикологии.

*Количество вредного вещества, поступившего в организм, отнесённого к массе тела (мг/кг), называется дозой. Количество веществ, отнесённых к единице объёма или массы воздуха (мг/м<sup>3</sup>), воды или почвы (мг/г), называется концентрацией.*

В зависимости от степени токсичности ядовитых веществ их подразделяют на классы опасности.

### **7. 3. Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах**

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод», все водные объекты подразделяются на два вида водопользования:

**I вид** – хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое;

**II вид** – рыбохозяйственное водопользование.

Каждый вид, в свою очередь, разделён на категории.

*Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование. I категория* – водные объекты, используемые в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. *II категория* – водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения.

*Рыбохозяйственное водопользование. I категория* – водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода. *II категория* – водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчётном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям в зависимости от вида водопользования.

Нормы качества воды водных объектов включают:

- *общие требования к составу и свойствам воды, водных объектов в зависимости от вида водопользования;*
- *перечень ПДК нормированных веществ в воде водных объектов для различных видов водопользования.*

Все водопользователи и водопотребители обязаны соблюдать условия, которые обеспечивают качество воды, соответствующее установленным для данного водного объекта нормативам. Существуют и некоторые общие требования к составу и свойствам воды (примеси, взвешенные вещества, окраска, запахи, привкусы,  $pH$ ,  $T$ , минерализация, токсичность, количество растворённого кислорода и т. д.).

***ПДК природных вод*** – концентрация индивидуального вещества в воде, при превышении которой она непригодна для установленного вида водопользования. При концентрации вещества равной или меньше ПДК вода так же безвредна, как и вода, в которой полностью отсутствует данное вещество.

Характер воздействия одних и тех же загрязняющих веществ на человека и водные экосистемы может быть разным.

Многие химические вещества могут тормозить естественные процессы самоочищения, в основном биохимическое окисление органики, что приводит к ухудшению общего санитарного состояния водоёма (дефициту кислорода, гниению, появлению сероводорода, метана и т. д.). В этом случае ПДК устанавливают по ***общесанитарному признаку вредности***.

Промышленные стоки и содержащиеся в них вредные вещества могут изменить органолептические свойства воды (мутность, запах, привкус,  $T$ ),

что приводит к отказу от её использования. В этом случае устанавливают предельные концентрации, не воспринимаемые органами чувств человека, т. е. по **органолептическому признаку вредности**. Часто они бывают более жёсткими, чем установленные по другим признакам вредности.

*Присутствие в воде нефти в концентрациях, незначительно превышающих ПДК для хозяйственно-питьевого водоснабжения, вызывает появление специфического запаха. При концентрации нефти 0,1 – 0,2 мг/дм<sup>3</sup> выловленная рыба имеет неустранимый даже после приготовления нефтяной привкус.*

Вредные вещества могут оказывать токсическое действие при непосредственном контакте или попадании в организм. Для этих веществ устанавливают ПДК по **токсикологическому признаку вредности**.

Для одного и того же вещества могут быть установлены разные предельные концентрации по признакам вредности.

*Например, ионы Си оказывают токсическое действие при концентрации 10 мг/л, нарушают процессы самоочищения при концентрации 5 мг/л, а придают привкус воде при 1,0 мг/л.*

При нормировании качества воды водоёмов ПДК устанавливается по **лимитирующему признаку вредности – ЛПВ**.

**ЛПВ – признак вредного действия вещества, который характеризуется наименьшей пороговой концентрацией.**

ЛПВ создаёт некоторый запас надёжности по двум другим признакам вредности. В примере это концентрация, равная 1,0 мг/л, выбранная по органолептическому признаку. В перечне ПДК всегда указывается ЛПВ и класс опасности вещества.

Кроме того, одно и то же вещество для водоёмов, используемых для нужд населения, может нормироваться по одному ЛПВ, а для рыбохозяйственных – по другому.

*Например, ионы Си для хозяйственно-питьевого водопользования нормируются по органолептическому ЛПВ (1,0 мг/л), а для рыбохозяйственных водоёмов – по токсикологическому (10 мг/л).*

Если водоём используется для нескольких видов водопользования, то в качестве ПДК выбирается самая низкая (самая жёсткая) ПДК вещества.

ПДК, принятые для водных загрязнителей, не могут служить надёжными критериями при объективной оценке качества воды. Различия между ПДК разных стран весьма значительны.

*В России рыбохозяйственная и санитарно-бытовая ПДК мышьяка составляет 0,05 мг/л, а европейский стандарт – 0,2 мг/л.*

Реакции организма на изменения концентрации тех или иных загрязнителей зависят от многих причин и недостаточно изучены. Многие ПДК не установлены (кадмий для питьевой воды). Рыба более чувствительна к загрязнителям, и различные её виды в этом отношении сильно различаются между собой, но это никак не учитывается в усреднённых рыбохозяйственных ПДК.

Цель санитарных и токсикологических норм и регламентов – охрана здоровья населения и отдельных популяций живых организмов. Задача экологического нормирования – обеспечение благополучия экосистем в целом, в том числе и здоровья человека, т. е. сохранение установившегося в природе равновесия.

***ЭДК – экологически допустимые концентрации вредных веществ в окружающей среде, поступающие от различных антропогенных источников и не нарушающие гомеостатические механизмы (способность поддерживать устойчивое равновесие в изменяющихся условиях среды) саморегуляции экосистем.***

Основные принципы разработки экологических нормативов:  
–любое изменение природной среды следует рассматривать как недопустимое – «нулевая» стратегия;

- нормативы должны устанавливаться в соответствии с технологическими возможностями снижения уровня загрязнения и контроля за их содержанием в окружающей среде;
- допустимый уровень загрязнения следует устанавливать таким, чтобы затраты на его достижение были не больше стоимости ущерба при неконтролируемом загрязнении.

Стандарты должны устанавливаться такие, при которых не будет никаких прямых или вредных косвенных воздействий на людей. При этом любое измеримое повышение концентрации или другого воздействия рассматривается как потенциально вредное.

#### 7. 4. Расчёты предельно допустимых сбросов (ПДС)

Цель расчётов – обеспечение наиболее благоприятных условий жизни населения, предотвращения разрушения и необратимых изменений экосистем. В основе всех расчётов лежат действующие ПДК.

Согласно действующим *Правилам* санитарно-гигиенические требования к качеству воды относятся *только к местам или створам водопользования*, а не ко всей акватории водного объекта.

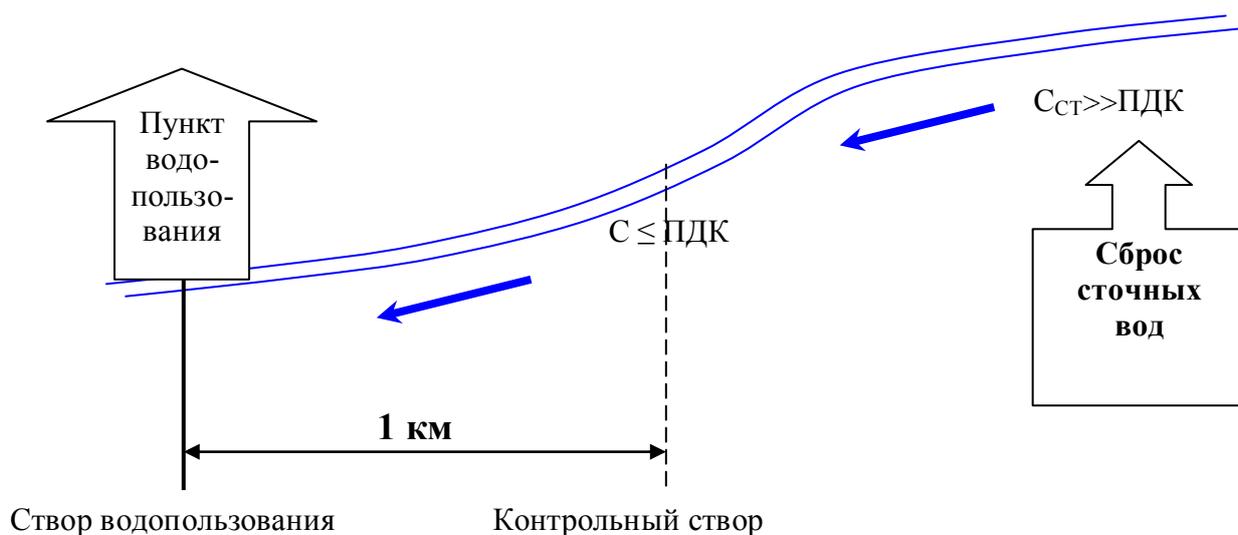


Рис. 6. Расположение контрольного створа на водотоках

В водотоках контрольный створ, в котором состав и свойства воды должны соответствовать нормативным, должен быть расположен на расстоянии 1 км выше от ближайшего по течению пункта водопользования (рис. 6).

Для водоёмов рыбохозяйственного назначения контрольный створ устанавливается на расстоянии 500 м от выпуска сточных вод. В непроточных водоёмах контрольная зона должна соответствовать нормативам в радиусе 1 км от пункта водопользования.

Требования к составу и свойствам воды в контрольных створах и зонах зависят от вида водопользования.

*ПДС устанавливают для каждого контролируемого вещества с учётом фоновой концентрации, категорий водопользования, норм качества воды и ассимилирующей способности водного объекта.*

Расчёты позволяют решать основные задачи:

- в какой мере будет достаточна степень разбавления в контрольном створе, обеспеченная местными природными условиями;
- до какой степени следует очищать сточные воды, чтобы в расчётном контрольном створе не нарушалось условие:  $C \leq \text{ПДК}$ .

Базовое расчётное уравнение имеет вид

$$qC_{CT} + \gamma QC_{\Phi} = (q + \gamma Q) C_{K.CT}$$

где  $Q$  и  $q$  – соответственно расходы воды в водном объекте и сточных водах;  $C_{CT}$ ,  $C_{\Phi}$  и  $C_{K.CT}$  – соответственно концентрации веществ одинакового вида в сточных водах, в водном объекте до сброса сточных вод (фоновая) и в контрольном створе;  $\gamma$  – коэффициент смешивания.

### **7. 5. Расчёт индекса загрязнения природных вод (ИЗВ)**

Оценка экологического состояния поверхностных вод проводится на основании сравнения с природным фоном значений ПДК. Превышенные

концентрации загрязняющих веществ группируют по ЛПВ (органолептическому, токсикологическому и общесанитарному) и рассчитывают степень отклонения ( $A_I$ ) фактических концентраций веществ ( $C_I$ ) от их ПДК<sub>I</sub>:

$$A_I = C_I / \text{ПДК}_I.$$

Далее находят суммы показателей  $A_I$  для первой и второй групп веществ:

$$S = \sum_{i=1}^n (A_i),$$

где  $S$  – сумма  $A_I$  для веществ, нормируемых по органолептическому ( $S_{ОРП}$ ) и токсикологическому ( $S_{ТОКС}$ ) ЛПВ;  $n$  – число суммируемых показателей качества воды.

Кроме того, для определения ИЗВ используют величину растворённого в воде кислорода, бактериологический показатель – число лактозоположительных кишечных палочек (ЛПКП) в 1 л воды, запах и привкус (для веществ, нормируемых по общесанитарному ЛПВ).

Индекс загрязнения воды определяется в соответствии с гигиенической классификацией водных объектов по степени загрязнения. Сопоставляя соответствующие показатели с оценочными, определяют ИЗВ, степень загрязнения водного объекта (допустимая, умеренная, высокая и чрезвычайно высокая) и класс качества вод. Индекс определяют по наиболее жёсткому значению оценочного показателя.

В системе Росгидромета используется обобщённый критерий качества воды. Он рассчитывается по 6 ингредиентам ( $n = 6$ ): кислороду, БПК<sub>5</sub> и четырём ингредиентам с наибольшим превышением ПДК:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (A_i).$$

Кроме интегрального ИЗВ, используют и отдельные показатели:  
– *растворённый кислород (чем выше его содержание, тем лучше вода);*

- БПК (чем оно выше, тем больше в воде загрязняющих веществ);
- содержание микроорганизмов. Их показателем служит содержание кишечной палочки;
- содержание в воде аммония ( $NH_4$ ), нитратов ( $NO_3$ ), нитритов ( $NO_2$ ), нефти, нефтепродуктов, фенолов, ПАВ, тяжёлых металлов.

От степени загрязнения водоёма зависят виды водопользования (табл. 3).

Таблица 3. Возможные виды водопользования в зависимости от степени загрязнения водного объекта

Степень загрязнения	Возможное использование объекта
Допустимая	Водоём пригоден для всех видов водопользования населения практически без ограничений
Умеренная	Использование водного объекта для культурно-бытовых целей опасно. Объект, как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения без снижения уровня химического загрязнения может привести к начальным симптомам интоксикации у части населения
Высокая	Недопустимо использование как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения из-за сложности удаления токсических веществ в процессе водоподготовки. Употребление для питья воды может привести к появлению симптомов интоксикации и развитию отбельных эффектов
Чрезвычайно высокая	Абсолютная непригодность для всех видов водопользования. Даже кратковременное использование воды опасно для здоровья

Министерство природы РФ для оценки качества воды использует методику расчёта ИЗВ только по химическим показателям, но с учётом более жёстких рыбохозяйственных ПДК. При этом выделяют не 4, а **7 классов качества:**

- очень чистая вода ( $ИЗВ < 0,3$ );

- чистая ( $ИЗВ = 0,3 - 1,0$ );
- умеренно загрязнённая ( $ИЗВ = 1,0 - 2,5$ );
- загрязненная ( $ИЗВ = 2,5 - 4,0$ );
- грязная ( $ИЗВ = 4,0 - 6,0$ );
- очень грязная ( $ИЗВ = 6,0 - 10,0$ );
- чрезвычайно грязная ( $ИЗВ$  более  $10,0$ ).

Показателю ПДС присущ и ряд недостатков. Он не отражает максимальную концентрацию вещества, сглаживает контрасты в превышении ПДК у учитываемых показателей.

## Глава 8. МЕТОДЫ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ И ОЦЕНКИ ПРОГНОЗИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ

### 8. 1. Прогнозирование

С момента осознания собственного, *настоящего* «Я» в окружающем мире человек стремится узнать *будущее* состояние этого мира и *свое будущее* место в этом мире.

Первые языческие культы, древнеегипетские жрецы, оракулы Древней Греции и Рима, астрология, средневековые ведьмы и колдуны, медиумы, наконец, канонические и апокрифические произведения христианства, ислама и других мировых религий – всё это попытки человечества спрогнозировать и спланировать собственное существование.

Научное развитие вопросов прогнозирования также имеет долгую историю – от социальных утопистов и первых учёных-естественников, пытавшихся предсказывать погоду, до современных «Концепций устойчивого развития» и глобальных сценариев развития всего человечества.

***Прогнозирование*** – изучение объектов, явлений или процессов, недоступных современному непосредственному исследованию.

***Прогноз*** – всякое конкретное предсказание или вероятностное суждение о будущем состоянии изучаемого объекта, явления или процесса.

Близкими к мониторингу окружающей среды можно считать экологический прогноз, прогнозы воздействий на среду и изменения среды и прогноз использования природных ресурсов.

Прогнозы можно классифицировать по ***времени***, по ***масштабу*** прогнозируемых явлений и по ***содержанию***.

По ***времени*** упреждения различают кратковременные (до 1 года), краткосрочные (3 – 5 лет), среднесрочные (10 – 15 лет), долгосрочные (несколько десятилетий) и долговременные (столетия) прогнозы.

По ***масштабу*** прогнозируемых явлений прогнозы делят на 4 группы:

– *глобальные (физико-географические);*

- региональные (в пределах нескольких стран);
- национальные (государственные);
- локальные (край, область, административный округ, заповедник).

По содержанию прогнозы относятся к конкретным отраслям наук: геологические, гидрологические, экологические и др.

## **8. 2. Этапы прогнозирования**

*На первом этапе* прогнозируют изменения интенсивности источников воздействий и загрязнения, осуществляют прогноз степени их влияния: например, количество загрязняющих веществ, их распределение, изменения их свойств и концентраций во времени.

Для составления таких прогнозов необходимы данные о текущей хозяйственной деятельности и планы дальнейшего хозяйственного освоения территории.

Основные задачи, решаемые на данном этапе прогнозирования, следующие.

### ***Прогноз санитарного состояния водного объекта при проектировании выпуска сточных вод***

Прогноз санитарного состояния выполняется при решении уравнения относительно  $C_{к.ст}$ :

$$C_{к.ст} = \frac{qC_{ст} + \gamma Q C_{\phi}}{q + \gamma Q}.$$

Если  $C_{к.ст} \leq$  ПДК, то прогноз благоприятный. В противном случае необходимы меры, в основном по очистке сточных вод (или снижению их объёма). Степень очистки и характер технологических и санитарно-технических мероприятий определяется степенью несоответствия  $C_{к.ст}$  и ПДК.

### ***Расчёт допустимой концентрации загрязняющего вещества в сточных водах ( $ДК_{ст}$ ) и ПДК***

Концентрация вещества в сточной воде может быть рассчитана по формуле

$$C_{CT} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{K.CT} - C_{\Phi}) + C_{K.CT}.$$

Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде ( $DK_{CT}$ ) должна отвечать условию, при котором  $C_{K.CT} \leq ПДК$ :

$$DK_{CT} = \frac{\gamma Q}{q} (ПДК - C_{\Phi}) + ПДК.$$

При  $DK_{CT} \geq ПДК$  нормативные требования должны быть отнесены не к контрольному створу водного объекта, а к самим сточным водам. Необходимость такой глубокой очистки и обезвреживания сточных вод ставит под сомнение целесообразность водопользования или водопотребления по экономическим причинам.

То есть величина  $DK_{CT}$  принимается за основу при проектировании мероприятий по снижению загрязнения. **Необходимую степень очистки сточных вод ( $D$ , %)** рассчитывают по формуле

$$D = \frac{C_{\Phi АКТ} - DK_{CT}}{C_{\Phi АКТ}} 100\%.$$

ПДС определяют по формуле

$$ПДС = DK_{CT} q.$$

Этот расчёт пригоден в том случае, когда сток организован одним выпуском и загрязняет объект в основном одним веществом.

### **Расчёты сброса нескольких загрязняющих веществ**

**Первый вариант.** Вещества относятся к 1-му и 2-му классам вредности и к одной группе по ЛПВ. Вначале рассчитывают концентрацию первого вещества в контрольном створе ( $C_{K.CT}^1$ ):

$$C_{K.CT}^1 = \frac{q C_{CT}^1 + \gamma Q C_{\Phi}}{q + \gamma Q}.$$

Таким же образом рассчитывают  $C_{К.СТ}^2$  и т. д. до  $C_{К.СТ}^N$ . После этого проверяют, соблюдается ли условие

$$\frac{C_{К.СТ}^1}{ПДК_1} + \frac{C_{К.СТ}^2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_{К.СТ}^N}{ПДК_N} \leq 1.$$

Если сумма отношений концентраций всех веществ одного ЛПВ к соответствующим ПДК оказалась больше единицы, то следует рассматривать возможные способы снижения концентрации каждого вещества. При этом в процессе проектирования имеется возможность выбора такой системы очистки, при которой уменьшаются концентрации лишь наиболее легко удаляемых веществ.

**Второй вариант.** В стоке содержатся вещества разных групп по ЛПВ. Тогда сначала вещества (только 1-го и 2-го класса опасности) группируют по ЛПВ. Затем задачу решают, определяя ДК в стоке для каждого вещества – отдельно от первого ( $C_{К.СТ}^1$ ) до последнего ( $C_{К.СТ}^N$ ) – по формуле

$$ДК_{СТ} = \frac{\gamma Q}{q} (ПДК - C_{\phi}) + ПДК.$$

Данная методология (заложенная в действующих нормативах) пригодна только для простых случаев сброса сточных вод через небольшое число выпусков.

### **Прогноз кратности разбавления сточных вод в водных объектах**

При выборе места выпуска сточных вод в один из ближайших водных объектов одним из ориентиров является *степень разбавления* сточных вод у ближайшего пункта водопользования. При определении кратности разбавления ( $n$ ) в расчётных контрольных створах водотоков пользуются формулой

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q}.$$

Для непроточных водоёмов  $n$  может быть рассчитано по формуле

$$n = \frac{C_{CT} - ПДК}{ПДК - C_{\phi}}.$$

С учётом кратности разбавления  $ДК_{CT}$  можно рассчитать по формуле

$$ДК_{CT} = (n - 1)(ПДК - C_{\phi}) + ПДК.$$

Чем меньше рассчитанная степень необходимого разбавления соответствует местным условиям, тем более жёсткими должны быть мероприятия по очистке сточных вод. Если осуществить их не представляется возможным, строительство необходимо перенести в район более благоприятных гидрологических условий.

**Второй этап** – прогноз возможных изменений в гидросфере под воздействием имеющихся загрязнений и других факторов, так как уже возникшие изменения (особенно генетические) могут действовать ещё много лет.

Главной целью таких прогнозов является оценка предполагаемой реакции водной среды на прямое или косвенное воздействие на неё человека. Анализ и оценка прогнозируемого состояния позволяет выбирать приоритетные природоохранные мероприятия и вносить коррективы в хозяйственную деятельность на региональном уровне.

Для управления качеством среды необходимо также определять ущербы от антропогенных воздействий, экономическую эффективность природоохранных мероприятий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Калининской области. ГУГиК. 1964 г.
2. Ашихмина Т.Я., Сюткин В.М. Комплексный экологический мониторинг региона. Киров, 1997.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М., 1998.
4. География Тверской области. Под ред. Ткаченко А. А. Тверь, 1992 г.
5. Гершензон В.Е., Смирнова Е.В., Элиас В.В. Информационные технологии в управлении качеством среды обитания. М. 2003.
6. Голубев Г.Н. Геоэкология. М., 1999.
7. Голубчиков С.Н., Долгов С.В. Гидроэкологические последствия реформ // Энергия. 2002. №8. С. 27 – 31.
8. ГОСТ 17.1.1.01—77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
9. ГОСТ 17.1.1.02—77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов.
10. ГОСТ 17.1.1.03—86. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользователей.
11. ГОСТ 17.1.2.04—77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.
12. ГОСТ 17.1.3.07—82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
13. ГОСТ 17.1.3.08—82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.
14. ГОСТ 17.1.5.02—80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов.

15. ГОСТ 17.1.5.02—80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
16. ГОСТ 17.1.5.05—85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
17. ГОСТ 17.15.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
18. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2002 году». М., 2003.
19. Грин А.М., Ключев Н.Н., Мухина Л.И. Геоэкологический анализ // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. №1. С. 21–30.
20. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрогеологические расчеты. М., 1990.
21. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т. Медведева. М., 2002.
22. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. М., 1993.
23. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. М., 1994.
24. Косов В. И., Левинский В. В., Косова И. В. Экология Верхневолжской водной системы. Тверь, 2003 г.
25. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод водохозяйственно-питьевого назначения. М., 1987.
26. Лыков И.Н., Голофтеева А.С., Шестакова Г.А. Геоэкологические аспекты химического и микробиологического загрязнения снега в условиях антропоэкосистемы // Актуальные проблемы геоэкологии. Тверь, 2002. С. 160 – 163.

27. Максимов В.Н., Булгаков Н.Г., Левич А.П. Качественные методы экологического контроля: диагностика, нормирование, прогноз // Экология и устойчивое развитие города. Материалы III Международной конференции по программе «Экополис». М., 2000. С. 79 – 83.
28. Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения нефтью. М., 1976.
29. Методическое руководство по биотестированию воды. РД 18-02-90. М., 1991.
30. Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю.В., К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина / Под ред. А.П. Шицковой. М., 1990.
31. Моисеев Н.Н. Экология и образование. М., 1996. С. 24.
32. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие: В 2 ч. / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. М., 2001.
33. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб., 1998.
34. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир: В 2 т. М., 1993.
35. Николаев С. Водные ресурсы России на рубеже тысячелетий Энергия. 2002. №5. С. 55 – 60.
36. Плотников Н.И. Техногенные изменения гидрогеологических условий. М., 1989.
37. Плотников Н.И., Карцев А.А., Рогинец Н.И. Научно-методические основы экологической гидрогеологии. М., 1992.
38. Природа и хозяйство Калининской области (Учёные записки естественно-научного факультета). Калинин. 1960 г.
39. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология. М., 2004.

40. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2004: Стат. сб. Росстат. М., 2004.
41. Тверская область Энциклопедический справочник. Тверь. Тверское областное книжно-журнальное изд-во. 1994 г.
42. Шварц А.А. Экологическая гидрогеология: Учебное пособие. СПб., 1996.
43. Экология. Под ред. Цветковой Л. И. СПб., 1999 г.
44. Эльпинер Л.И. О влиянии водного фактора на состояние здоровья населения России // Вод. ресурсы. 1995. Т. 22, №4. С. 418 – 425.
45. Яншин А.Л. Экологические следствия начавшегося глобально-го потепления климата // Вода: экология и технология: Материалы Международ. конгр. М., 1994. С. 58 – 61.
46. <http://www.atmo.ru>
47. [http://www.water\\_ru.ru](http://www.water_ru.ru)