


ЛЕКЦИЯ 4

Классификация качеств вод

План:

- 1. Методы оценки качества вод;**
- 2. Классификация вод по интегральным показателям качества;**
- 3. Индекс загрязнения, степень загрязнения;**
- 4. Факторы воздействия на водные объекты.**



1. Методы оценки качества ВОД

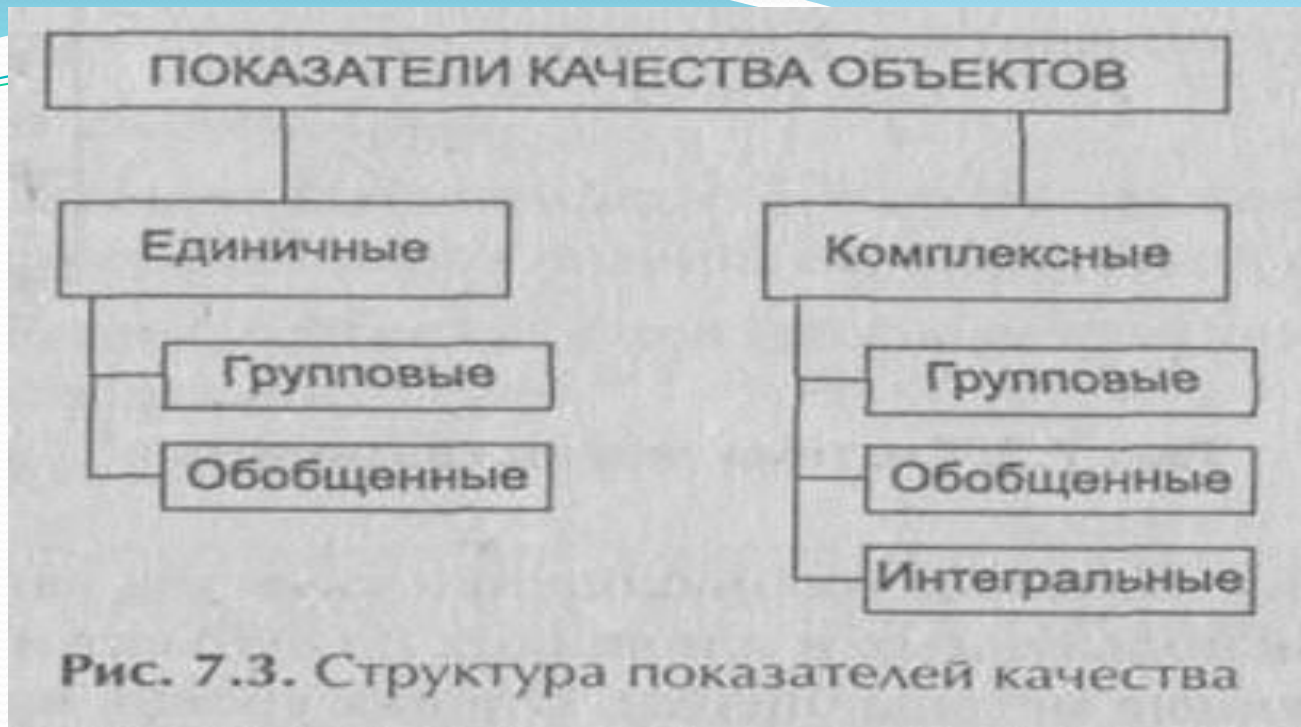


Различают дифференциальные, комплексные и интегральные методы оценки качества вод (Новиков, 1990). В соответствии с ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения».



Дифференциальный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании единичных показателей её качества.

Единичный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий одно из её свойств.



Комплексный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании комплексных показателей её качества.

Комплексный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий несколько её свойств.

Интегральный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании суммы показателей её качества.

Таким образом, критерий качества воды может быть задан различным способом:

- 1) одним признаком (показателем) – дифференциальный метод оценки качества воды. Например: минерализация или оценке минеральных вод;
- 2) несколькими признаками (несколькими показателями), комплексный метод оценки качества воды. Например, рН, мутность, общая жёсткость, железо, марганец, перманганатная окисляемость, микробиологические показатели воды;
- 3) формулой, связывающей содержание компонента в воде с его нормой – интегральный метод оценки качества воды.



Контроль качества воды – проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям (ГОСТ27065-86).

Контроль проводится сравнением показателей качества воды с нормами качества воды для различных целей водопотребления. Например, нормами качества питьевой воды являются предельно допустимые концентрации компонентов в воде.

Для характеристики самого качества воды используют индексы качества воды. Индексы качества воды устанавливаются на основе экспериментальных исследований, теоретических расчётов или специальной экспертизы.




Индекс качества воды – обобщённая числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования (ГОСТ27065-86).

Алгоритм методик оценки качества воды для различных целей её назначения:

1. Фактор (для каких целей устанавливается качество воды).
2. Номенклатура (для каких вод устанавливается качество).
3. Критерий качества.
4. Норматив качества.
5. Качество воды.

Факторы, влияющие на состояние (качество) водного объекта, могут иметь как естественную природу, так и антропогенную, вызванную хозяйственной деятельностью человека.

Регулируя факторы, влияющие на состояние водного объекта, можно регулировать качество его воды (Мазаев, 1999).



2. Классификация вод по интегральным показателям качества



К категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов относят **гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)** и **гидробиологический индекс сапробности (S)**.

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

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i}}{N},$$

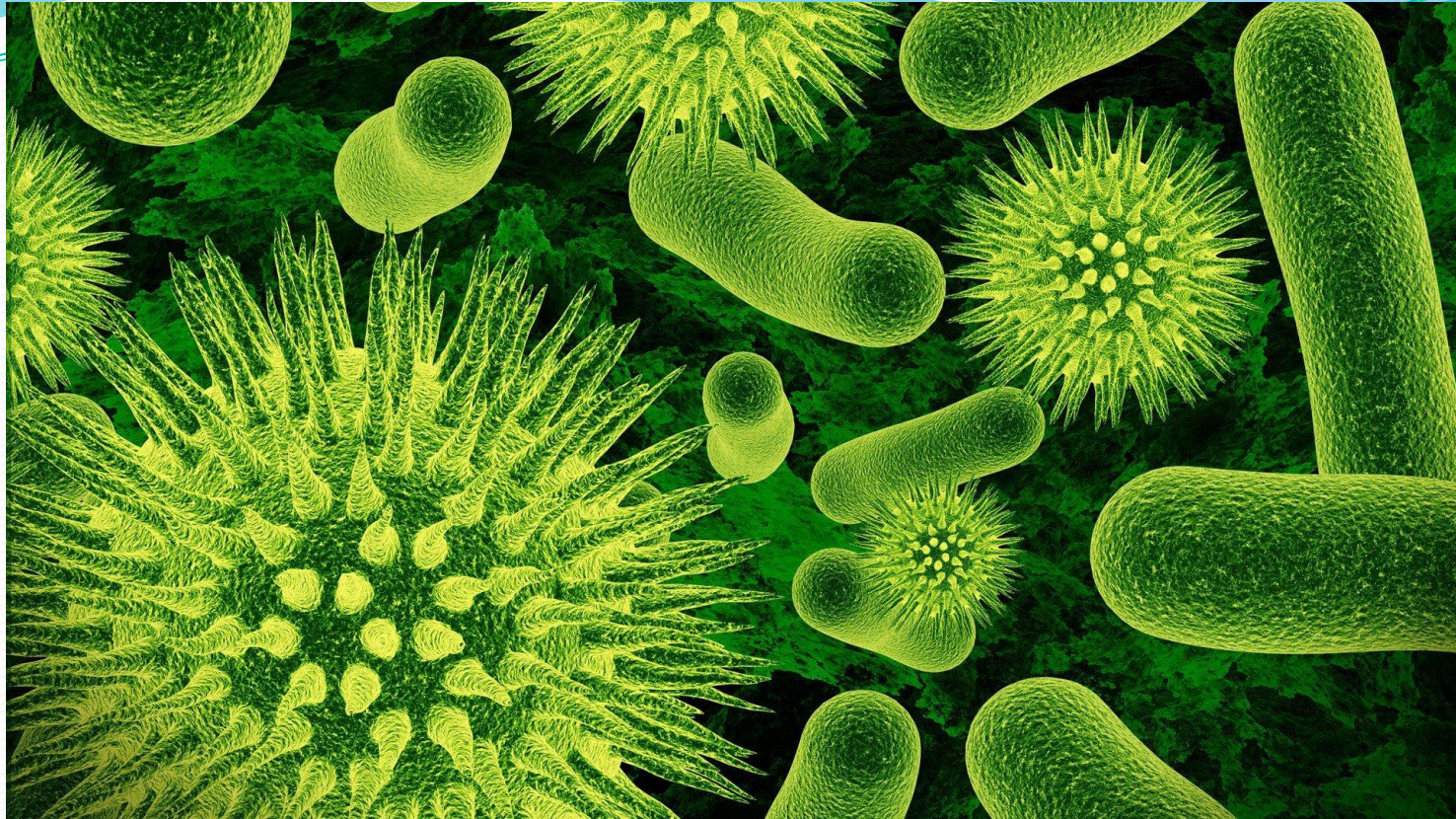
C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение параметра);

N – число показателей, используемых для расчета индекса;

$ПДК_i$ – установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 1). Индексы загрязнения воды сравнивают для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени, и так далее) (Новиков, 1990).

ИЗВ	Класс качества воды	Характеристика воды
Менее или равно 0,2	I	Очень чистая
Более 0,2 до 1,0	II	Чистая
Более 1,0 до 2,0	III	Умеренно загрязненная
Более 2,0 до 4,0	IV	Загрязненная
Более 4,0 до 6,0	V	Грязная
Более 6,0 до 10,0	VI	Очень грязная
Более 10,0	VII	Чрезвычайно грязная



Из гидробиологических показателей качества в России наибольшее применение нашел так называемый **индекс сапробности** водных объектов.

Все микроорганизмы, которые могут служить показателями загрязнения воды, делятся на катаробов и сапробов.



Катаробы – микроорганизмы, населяющие чистые ключевые воды.



Сапробы– микроорганизмы, находящиеся во всех пресных водах с разной загрязненностью.

Сапробные организмы разделяются:

- на *полисапробные*, живущие в очень загрязненных водах, составляющих полисапробную зону;
- мезасапробные*, живущие в более чистых мезасапробных зонах водоема;
- олигосапробные*, находящиеся в наименее загрязненных водах, образующих олигосапробную зону.

ОБЛАСТИ ЖИЗНИ В ВОДЕ

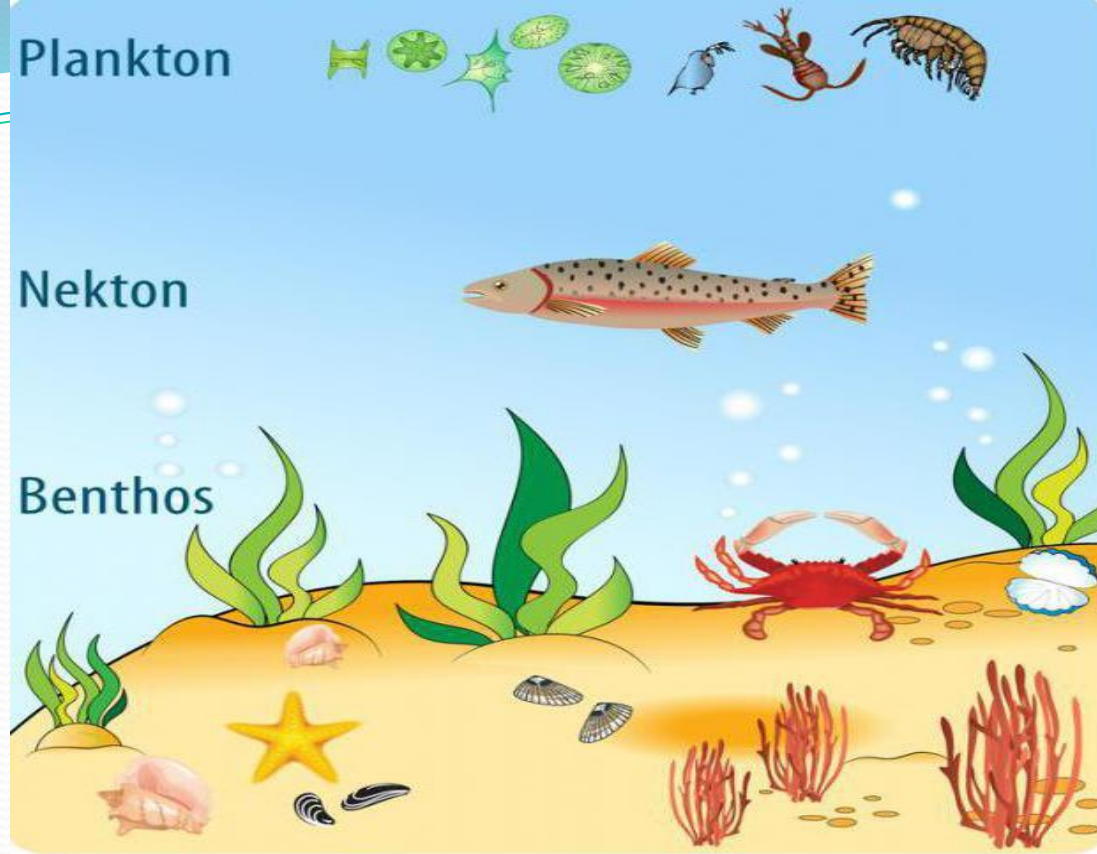
- поверхность воды и вся водная толща



- дно океана.



В зависимости от места обитания все водные организмы делятся на две основные группы: обитающие *в толще воды* и *на дне бассейна*.



Первая группа подразделяется на планктон, нектон и нейстон, *вторая группа* – бентос.

Планктон истинный – водоросли, веслоногие, ветвистоусые, ракообразные, коловратки и др.

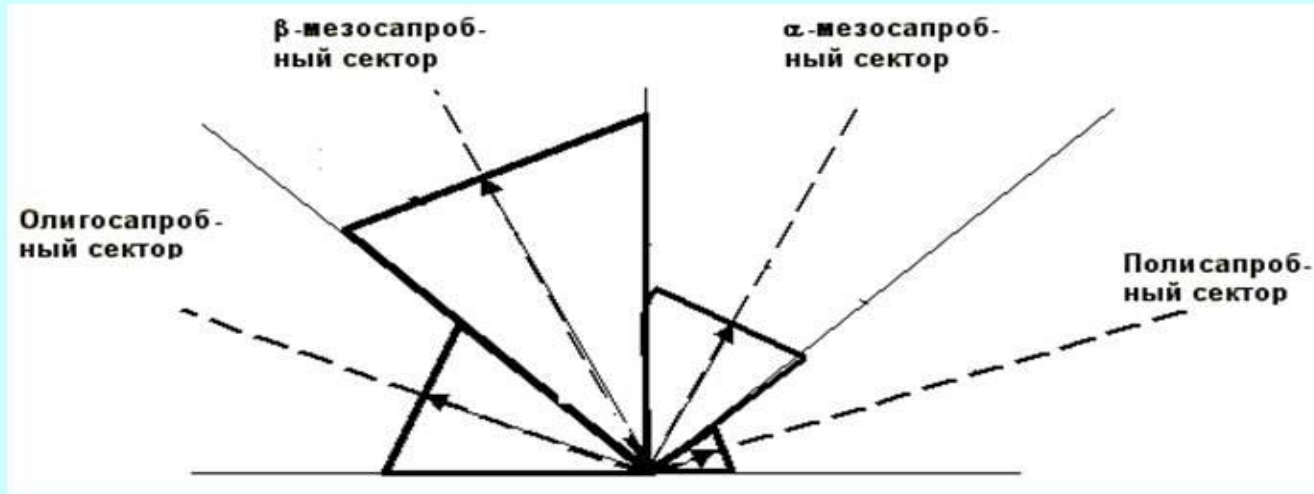
Планктон ложный – мертвые организмы, древесина, уголь, обрывки тканей, кожи и др.

Нектон – рыбы, дельфины, головоногие моллюски и др.

Нейстон – жгутиковые и простейшие (живут в тонком поверхностном слое воды).

Бентос – разные организмы – прикрепленные, закапывающиеся, свободно лежащие на дне и др.

Сапробность



Сапробность – комплекс физиологических свойств данного организма, обуславливающий его способность развиваться в воде, загрязненной органическими веществами с некоторой степенью разложения. Индекс сапробности рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне)

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

S – индекс сапробности, безразмерный;

s_i – значение сапробности гидробионта, устанавливаемое по специальным таблицам;

h_i – относительная встречаемость в поле микроскопа индикаторных организмов;

n – число выбранных индикаторных организмов.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обуславливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных организмов с общим числом особей в поле наблюдения каждого из 12 организмов не менее 30 шт.

В зависимости от значения S воды разделяют на классы чистоты (табл. 2).

Уровень загрязненности и класс качества водных объектов иногда устанавливают в зависимости от микробиологических показателей.

Встречается и другая классификация загрязненности воды по микробиологическим показателям (табл. 3).

Таблица 2 - Оценка качества вод по индексу сапробности

Значение индекса S	Номер класса чистоты воды	Характеристика класса чистоты	Наименование зоны
Менее 0,50	1	Очень чистая	Ксеносапробная
Более 0,50 до 1,50	2	Чистая	Олигосапробная
Более 1,50 до 2,50	3	Умеренно загрязненная	α -мезосапробная
Более 2,50 до 3,50	4	Тяжело загрязненная	β -мезосапробная
Более 3,50 до 4,00	5	Очень загрязненная	Полисапробная
Более 4,00	6	Очень грязная	Полисапробная

Таблица 3 - Оценка качества вод по микробиологическим показателям

Класс чистоты	Характеристика класса чистоты воды	Общее число бактерий, 10^6 клеток	Число сапрофитных бактерий, 1000 клеток/мл	Отношение общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий
I	Очень чистая	Менее 0,5	Менее 0,5	До 1000
II	Очень чистая	От 0,5 до 1,0	От 0,5 до 5,0	Более 1000
III	Умеренно загрязненная	Более 1,0 до 3,1	Более 5,0 до 10,0	От 1000 до 100
IV	Умеренно загрязненная	Более 3,1 до 5,0	Более 10,0 до 50,0	Менее 100
V	Грязная	Более 5,0 до 10,0	Более 50,0 до 1000	Менее 100
VI	Очень грязная	Более 10,0	Более 1000	Менее 100



3. Индекс загрязнения, степень загрязнения

При критериях и их индексах, назначенных для водного объекта, само качество воды характеризуют различными определениями, понятиями: «индекс загрязнения»; «степень загрязнения»; «класс качества»; «категория качества» и др.

В СанПиН 2.1.5.980–00 *алгоритм методики оценки качества воды* представлен следующим образом:

1. Фактором является установление загрязнения вод;
2. Номенклатура представлена поверхностными водами;
3. Критериями является комплекс из трёх признаков вод, характеризующих органолептический состав вод, токсикологический состав вод и санитарный режим.
4. Индекс качества поверхностных вод для каждого критерия представлен отдельными числами, а для санитарного режима число лактоположительных кишечных палочек задано интервалом чисел.
5. Само качество вод оценивается как индекс загрязнения от 0 до 3 и как степень загрязнения «допустимая», «умеренная», «высокая», «чрезвычайно высокая». Т.е. каждому индексу загрязнения дана словесная оценка степени загрязнения (допустимая, умеренная, высокая, чрезвычайно высокая).

Таблица 3 – Гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязнения

Класс качества	Степень загрязнения	Отдельные показатели для водных объектов I и II категорий							Индекс загрязнения
		Органолептический ЛПВ		Токсикологический ППВ	Общесанитарный ЛПВ		Бактериологический ЛПВ		
		Запах, привкус, баллы	Степень превышения ПДК ($S_{\text{орг}}$)	Степень превышения ПДК ($S_{\text{токс}}$)	БПК ₂₀		O_2 , мг.л ⁻¹	ЛПКП ¹ , кол.л ⁻¹	
					I	II			
I	Допустимая	2	1	1	3	6	4	10	0
II	Умеренная	3	4	3	6	8	3	$10^4 \cdot 10^5$	1
III	Высокая	4	8	10	8	10	2	$10^5 \cdot 10^6$	2
IV	Чрезвычайно высокая	> 4	> 8	> 100	> 8	> 10	< 1,0	> 10^6	3

Примечания: ПДК_{орг.} – предельно допустимые концентрации веществ, установленные по органолептическому признаку вредности;
ПДК_{токс.} – предельно допустимые концентрации веществ, установленные по токсикологическому признаку вредности;
БПК₂₀ – приведены уровни для водоёмов I и II категории водопользования;

* – для водных объектов, используемых для купания, допустимая степень загрязнения – число лактозоположительных кишечных палочек не более $1 \cdot 10^3$, при благоприятной эпидемической ситуации в данном районе не более $1 \cdot 10^4$ в 1 дм^3 воды соответственно (изменяется градация показателя).



Допустимая степень загрязнения – определяет пригодность водного объекта для всех видов водопользования населения практически без каких-либо ограничений.



Умеренная степень загрязнения – свидетельствует об известной опасности для населения культурно-бытового водопользования на водном объекте. Его использование как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения без снижения уровня химического загрязнения на очистных водопроводных сооружениях может привести к появлению начальных симптомов интоксикации у части населения, особенно при наличии в воде веществ 1 и 2 классов опасности.



Высокая степень загрязнения – указывает на безусловную опасность культурно-бытового водопользования на водном объекте. Недопустимо использование такого водного объекта как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения из-за сложности удаления токсических веществ в процессе водоподготовки на водопроводных сооружениях. Употребление для питья воды, имеющей высокую степень загрязнения, может привести к появлению у населения симптомов интоксикации и развитию отдаленных эффектов, особенно в случае присутствия в воде веществ 1 и 2 классов опасности.



Чрезвычайно высокая степень загрязнения водного объекта определяет его абсолютную непригодность для всех видов водопользования. С гигиенической точки зрения загрязнение является экстремально высоким и даже кратковременное использование водного объекта опасно для здоровья населения.



4. Факторы воздействия на водные объекты

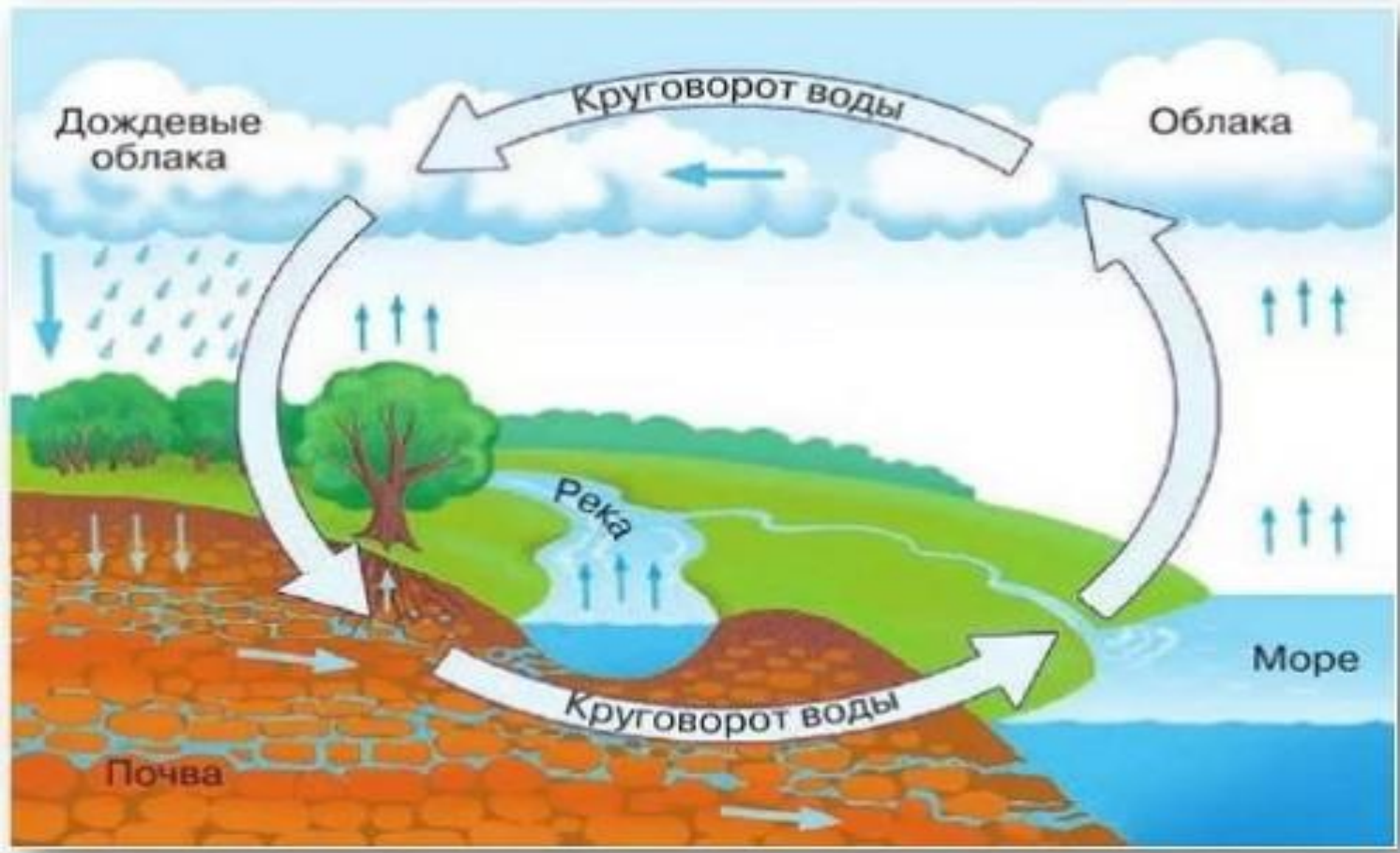
Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) вода в водоёме (водотоке) считается загрязнённой, если в результате изменения её состава или состояния вода становится менее пригодной для любых видов водопользования, в то время как в природном состоянии она соответствовала предъявляемым требованиям. Определение касается физических, химических и биологических свойств, а также наличия в воде посторонних жидких, газообразных, твёрдых и растворённых веществ.

В целом факторы воздействия обусловлены природными, и антропогенными причинами. Природные факторы воздействия обычно вызваны катастрофами – вулканами, селями и т.д. Антропогенные факторы вызваны непосредственно действиями человека (Кожова, 1979).



В результате различных *воздействий* происходит:

- 1) загрязнение водных объектов – сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов;
- 2) засорение водных объектов – сброс или поступление иным способом в водные объекты предметов или взвешенных частиц, ухудшающих состояние и затрудняющих использование водных объектов;
- 3) истощение водных объектов – устойчивое сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод (Кожова, 1979).



Вся вода гидросферы непрерывно совершает круговорот, при этом происходит изменение ее состава, агрегатного состояния и свойств, самоочищение. Рост численности населения, развитие производственной деятельности для удовлетворения его растущих потребностей изменяют сложившиеся за миллионы лет естественные равновесия в гидросфере.

В настоящее время известны более 2000 веществ, загрязняющих водоемы. Все они попадают в воду в результате человеческой деятельности. К наиболее вредным и широкомасштабным химическим загрязнителям относятся **нефть и нефтепродукты**.

Ежегодно в океан попадает более 16млн тонн нефти.

Обеспокоенность общественности нефтяным загрязнением обусловлена неуклонным ростом экономических потерь в рыболовстве, туризме и других сферах деятельности. Только 1 тонна нефти способна покрыть 12 км² поверхности моря. Нефтяная пленка изменяет все физико-химические процессы: повышается температура поверхностного слоя воды, ухудшается газообмен, рыба уходит или погибает. Меняются гидробиологические условия в океане, уменьшается первичная продукция океана – фитопланктон, служащий своеобразным пищевым фундаментом всей жизни в океане. Очень ядовиты растворимые компоненты нефти. Они нередко становятся причиной гибели рыбы и морских птиц (Кожова, 1979).



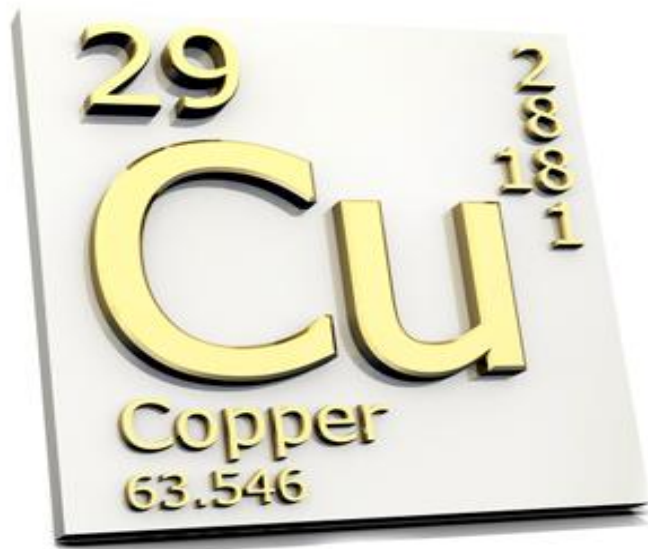
Серьезную угрозу экологической безопасности представляют также **поверхностно-активные вещества** (в том числе синтетические моющие средства, широко используемые человеком), **соли тяжелых металлов** (свинца, железа, меди, ртути и др.).

Тяжелые металлы, попадая в воду, могут существовать в виде растворимых токсичных солей и комплексных соединений (иногда очень устойчивых), коллоидных частиц, осадков (свободных металлов, оксидов, гидроксидов и др.). Главными источниками загрязнения воды тяжелыми металлами являются гальванические производства, предприятия горнорудной, черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы и др. Тяжелые металлы в водоеме вызывают целый ряд негативных последствий: попадая в пищевые цепи и нарушая элементный состав биологических тканей, они оказывают тем самым прямое или косвенное токсическое воздействие на водные организмы. Тяжелые металлы по пищевым цепям попадают в организм человека.

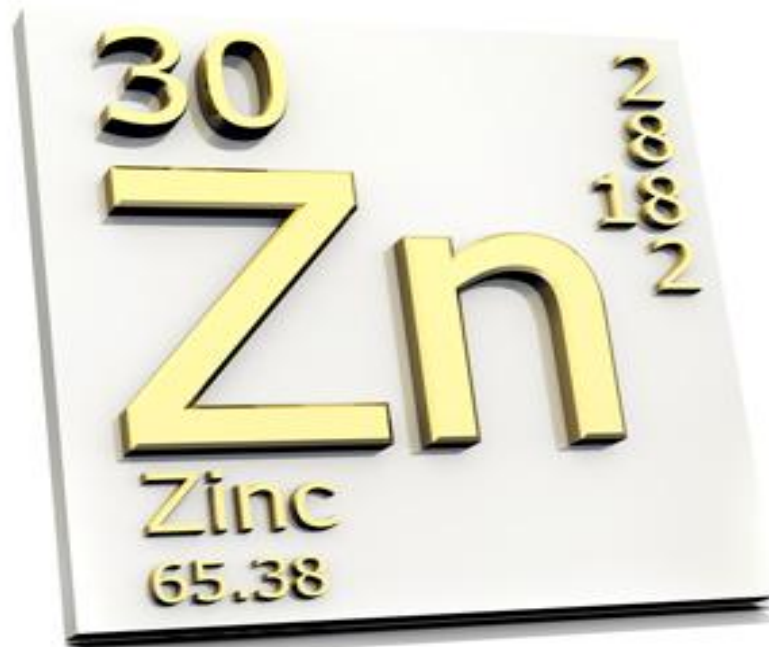
Тяжелые металлы по характеру биологического воздействия можно подразделить на токсиканты и микроэлементы, имеющие принципиально различный характер влияния на живые организмы.



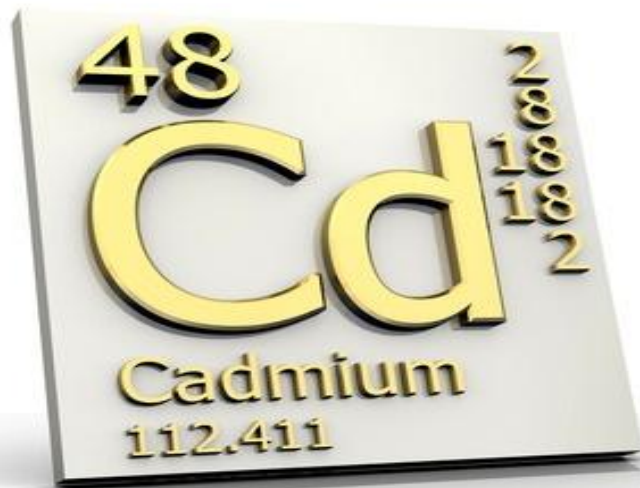
Токсиканты оказывают отрицательное воздействие на организмы при любой концентрации, в то время как микроэлементы имеют область недостаточности, вызывающей отрицательный эффект (менее $C1$), и область необходимых для жизни концентраций, при превышении которых снова возникает отрицательный эффект (более $C2$).
Типичными токсикантами являются кадмий, свинец, ртуть; микроэлементами — марганец, медь, кобальт.



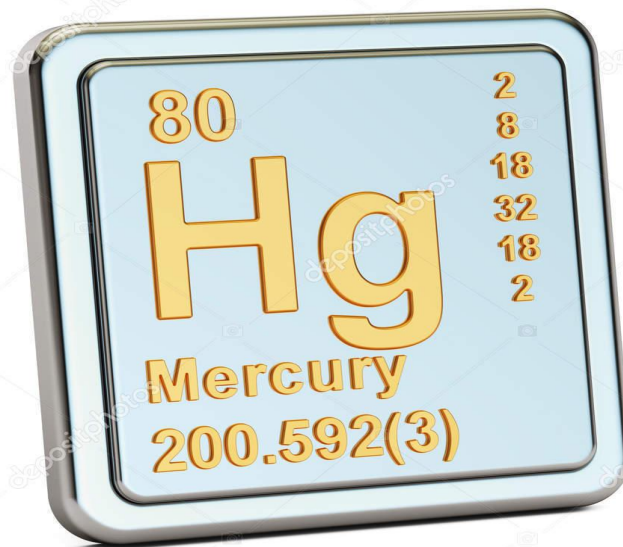
Медь. Медь является микроэлементом, содержится в организме человека, главным образом, в виде комплексных органических соединений и играет важную роль в процессах кроветворения. Во вредном воздействии избытка меди решающую роль играет реакция катионов Cu^{2+} с SH-группами ферментов. Изменения содержания меди в сыворотке и коже обуславливают явления депигментации кожи (витилиго). Отравление соединениями меди могут приводить к расстройствам нервной системы, нарушению функций печени и почек и др. ПДК меди в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности - органолептический.



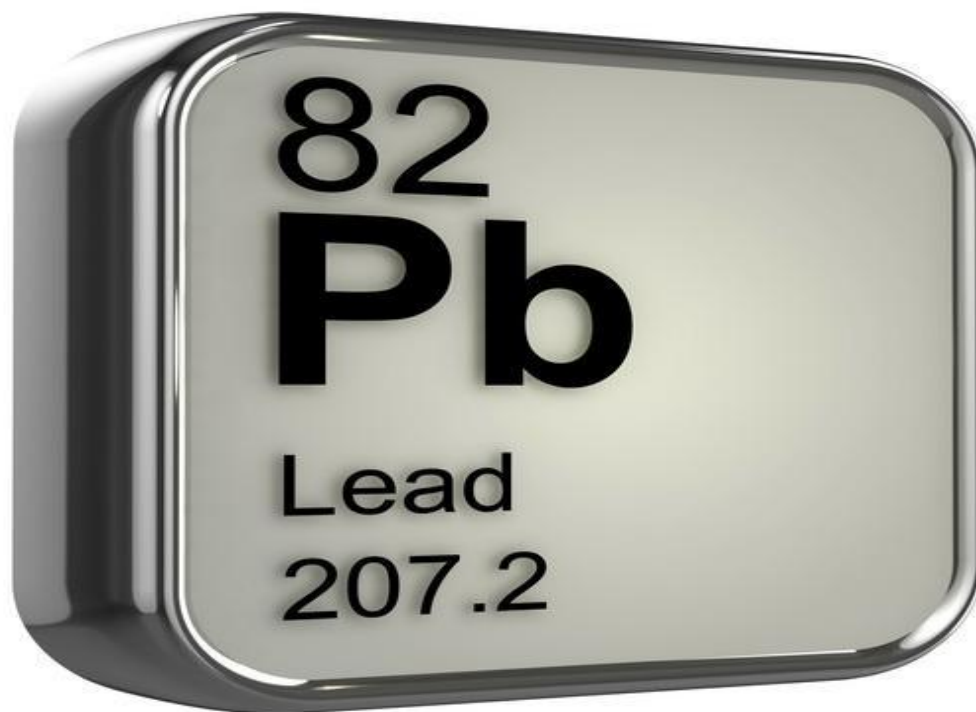
Цинк. Цинк является микроэлементом и входит в состав некоторых ферментов. Он содержится в крови (0,5-0,6), мягких тканях (0,7-5,4), костях (10-18), волосах (16-22 мг %), (единица измерения малых концентраций, 1 мг %=10⁻³) т.е., в основном, в костях и волосах. Находится в организме в динамическом равновесии, которое сдвигается в условиях повышенных концентраций в окружающей среде. Отрицательное воздействие соединений цинка может выражаться в ослаблении организма, повышенной заболеваемости, астмоподобных явлениях и др. ПДК цинка в воде водоемов составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности — общесанитарный.



Кадмий. Соединения кадмия очень ядовиты. Действуют на многие системы организма — органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, центральную и периферическую нервную системы. Механизм действия соединений кадмия заключается в угнетении активности ряда ферментов, нарушении фосфорно-кальциевого обмена, нарушении метаболизма микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Mn, Se). ПДК кадмия в воде водоемов составляет 0,001 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический.



Ртуть. Ртуть относится к ультрамикроэлементам и постоянно присутствует в организме, поступая с пищей. Неорганические соединения ртути (в первую очередь катионы Hg реагируют с SH-группами белков («тиоловые яды»), а также с карбоксильными и аминными группами тканевых белков, образуя прочные комплексные соединения — металлопротеиды. В результате возникают глубокие нарушения функций центральной нервной системы, особенно высших ее отделов. В результате возникают изменения в вегетативной нервной системе, периферических нервных образованиях, в сердце, сосудах, кроветворных органах, печени и др., нарушения в иммунобиологическом состоянии организма. ПДК ртути в воде водоемов составляет 0,0005 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический.



Свинец. Соединения свинца — яды, действующие на все живое, но вызывающие изменения особенно в нервной системе, крови и сосудах. Подавляют многие ферментативные процессы. Дети более восприимчивы к воздействию соединений свинца, чем взрослые. Обладают эмбриотоксическим и тератогенным действием, приводят к энцефалопатии и поражениям печени, угнетают иммунитет. Органические соединения свинца (тетраметилсвинец, тетраэтилсвинец) — сильные нервные яды, летучие жидкости. Являются активными ингибиторами обменных процессов. Для всех соединений свинца характерно кумулятивное действие. ПДК свинца в воде водоемов составляет 0,03 мг/л, лимитирующий показатель — санитарно-токсикологический.

Вследствие сельскохозяйственной деятельности из почвы в поверхностные и грунтовые воды попадают **удобрения, ядохимикаты (пестициды, гербициды)**. Среди вносимых в реки с суши растворимых веществ имеют отрицательное значение и органические остатки. Вынос в гидросферу органического вещества оценивается в 300-380 млн тонн в год. Сточные воды, содержащие суспензии органического происхождения или растворенное органическое вещество, пагубно влияет на состояние водоемов. Осаждаясь, суспензии заиливают дно и задерживают развитие или полностью прекращают жизнедеятельность донных микроорганизмов (Кожова, 1979).



Значительных размеров достигает концентрация загрязнений **дождевых сточных вод – ливневых и талых**. Текущие по улицам дождевые стоки бывают более ядовитыми, чем в сточных трубах промышленных предприятий.



Наиболее опасными загрязнителями являются **радиоактивные и биологически активные вещества.**

Для оценки степени и характера загрязнения природных вод Российской Федерации используют показатели, приведенные в таблице 4. (Зарубина, 2009).

Таблица 4 – Важнейшие показатели качества воды в РФ

Группа показателей	Характеристика показателей
Физические	Цвет, запах, мутность, прозрачность, температура
Химические	Водородный показатель (рН), содержание растворенного кислорода, биохимическая потребность в кислороде (БПК), окисляемость, содержание азота (аммония, нитратов, нитритов), общее солесодержание, концентрации анионов (хлориды, сульфаты, фосфаты) и катионов
Бактериологические	Бактерии группы кишечной палочки, наличие патогенных микроорганизмов
Гидробиологические	Видовой состав гидробионтов, соотношение сапробных и олигосапробных организмов

В упрощенном виде круговорот воды и загрязнение водных объектов можно представить в виде испарения ее с поверхности водных объектов суши, изъятия на бытовые и промышленные нужды и возврата в водные объекты в виде осадков и стоков. При этом вся возвращаемая вода загрязняется. В настоящее время все источники загрязнения гидросферы принято делить на четыре большие группы (Зарубина, 2009):

- 1) **Атмосферные осадки** – в виде вымываемых из воздуха загрязнителей (оксиды серы и азота) и особенно после смыва их при стекании по городским улицам и промышленным площадкам, где они увлекают с собой массы веществ: мусор, нефтепродукты, кислоты, фенолы и др.;
- 2) **Городские (сельские) сточные воды** – включающие преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, моющие средства (детергенты), микроорганизмы, в том числе патогенные;
- 3) **Промышленные сточные воды** – образующиеся в самых разнообразных отраслях промышленности, среди которых наиболее активно потребляют (и загрязняют) воду: чёрная металлургия, химическая, лесохимическая, нефтеперерабатывающая промышленность, энергетика и др. (Зарубина, 2009).




Очевидно, что по химическому составу промышленные стоки наиболее разнообразны, поскольку именно здесь производятся или обращаются практически все известные сегодня вещества. Загрязнение промышленными сточными водами можно типизировать так:

- механическое – повышение содержания механических примесей, свойственное в основном поверхностным видам загрязнения;
- химическое – наличие в воде содержащих и неорганических веществ токсического и нетоксического воздействия;
- бактериальное и биологическое – наличие в воде разнообразных патогенных микроорганизмов, грибов и мелких водорослей;
- радиоактивное – присутствие радиоактивных веществ в поверхностных или подземных водах;
- тепловое – выпуск в водоёмы подогретых вод тепловых и атомных электростанций.



4) ***Сельскохозяйственные стоки***– содержащие смытые в процессе эрозии частицы почвы, биогены, входящие в состав удобрений, пестициды (химические средства для защиты сельскохозяйственных растений и животных соответственно от сорняков, паразитов, насекомых), помёт сельскохозяйственных животных и ассоциированные с ним бактерии, ядохимикатами, удобрениями, органикой, мочевиной, азотом, фосфором и др. (Зарубина, 2009).



В то же время источники загрязнений могут быть точечными или диффузными. Наибольшую опасность для рек представляют точечные источники, через которые осуществляется сосредоточенный сброс сточных вод, содержащих широкий спектр загрязняющих веществ (ЗВ). Диффузные источники вносят существенный вклад в формирование антропогенной нагрузки на реки.

В настоящее время нет единой классификации сточных вод, узаконенной правилами или нормами. Ряд классификаций сточных вод и их примесей приводятся в работах по очистке сточных вод. В качестве критериев используется и характер воздействия примесей на водоёмы. Так в РФ широко распространена классификация сточных вод по их действию на водоемы (табл.5) (Зарубина, 2009).

Таблица 5 - Классификация сточных вод по их действию на водоемы

Группа	Характер примесей	Характер действия примесей на водоёмы и водные организмы	Источник сточных вод
1	Неорганические со специфическими токсическими свойствами	Изменение органолептических и физико-химических свойств воды; отравление водных организмов, жаберные заболевания рыб и т.д.	Производства химической промышленности, электрохимические производства, тепловые электрические станции и др.
2	Неорганические без специфических токсических свойств	Содержат взвешенные вещества	Производство керамической, силикатной промышленности, углеобогачительные фабрики, тепловые электрические станции и др.
3	Органические со специфическими свойствами	Отравляют водные организмы, ухудшают качество воды, создают дефицит кислорода	Химические и нефтехимические производства, тепловые электрические станции и др.
4	Органические без специфических токсических свойств	Создают дефицит кислорода	Пищевая промышленность, тепловые электрические станции и др.

Спасибо за внимание!

