

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ И ЕЁ ЗАЩИТА

Рабочая программа

Источники и виды загрязнения гидросферы. Качество воды и нормирование загрязнений водной среды.

Опасность загрязнения Мирового океана нефтью и радионуклидами. Дампинг и загрязнение морей и океанов токсичными веществами. Миграция токсичных элементов и накопление их в живых организмах.

Антропогенное эвтрофирование водоемов: причины и последствия. Стратегия борьбы с эвтрофикацией.

Общие подходы к предотвращению загрязнения гидросферы. Мероприятия по снижению загрязнения водной среды. Методы очистки сточных вод и примеры технологических схем очистных сооружений.

Почти 1500 млн. км³ воды в твёрдом, жидком и газообразном состоянии образуют гидросферу – прерывистую водную оболочку Земли. По словам академика А.Е.Ферсмана, вода – это самый важный минерал, без которого нет жизни на Земле.

ЗНАЧЕНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СОСТАВ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

Моря и океаны занимают 70% поверхности земного шара; и около 14% суши покрывают воды рек, озёр, и водохранилищ, многовековые панцири ледников.

Основой водных ресурсов РФ является речной сток, 90% которого приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов. На бассейны Каспийского и Азовского морей, где проживает свыше 80% населения РФ, приходится менее 8% общего годового стока.

Вода – один из основных факторов, определяющих климат. Обладая высокой удельной теплоёмкостью, она медленно нагревается и охлаждается, что создаёт более ровные температурные условия в водной среде (по сравнению с воздушной) и оказывает смягчающее влияние на климат.

Природная вода содержит растворённые соли, газы, органические вещества. Она считается пресной при концентрации солей до 1 г/л, солоноватой – до 25 г/л и солёной – при концентрации >25 г/л. Наименее минерализованы воды атмосферных осадков и пресных озёр. Воды океана содержат 35 г/л солей. В природной воде преобладают ионы Cl^- , Na^+ , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ . Другие ионы находятся в очень малых

концентрациях. Концентрация органических веществ в среднем в реках 20, в океане – 4 мг/л. В природных водах растворены газы N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S .

ПРИЧИНЫ ДЕФИЦИТА ПРЕСНОЙ ВОДЫ

Запасы пресной воды на Земле больше 4-5 млн. км³, т.е. 0.3% объёма всей гидросферы, но распределена она неравномерно. Около 1/3 населения Земли испытывает недостаток в чистой пресной воде. Вода становится предметом экспорта. На привозной воде живут целые государства: Алжир привозит воду из Европы, а Гонконг получает её по трубопроводу из Китая. Дефицит пресной воды связан в настоящее время с ростом народонаселения и всё возрастающей его концентрацией на небольших площадях в крупных городах и промышленных центрах. По санитарным нормам на одного человека в городе требуется 250-500 л воды в сутки.

В России наиболее богаты пресными водами районы Сибири и Дальнего Востока, бедны Молдавия, юг Украины, Предкавказье, Средняя Азия. До недавнего времени проблема нехватки пресной воды возникала только в засушливых районах в связи с орошением сельскохозяйственных земель.

Для выплавки 1т чугуна, перевода его в сталь и прокатки требуется 300 м³, для производства 1т меди – 500, 1т никеля – 4000 м³ пресной воды. Вода в больших количествах идёт на *разбавление промышленных и бытовых отходов*. Количество пресной воды не уменьшается, но ее качество резко падает, она становится непригодной для потребления. Необходимость заставляет изолировать антропогенный водный цикл от природного. Практически это означает переход на замкнутое водоснабжение, на маловодную или малоотходную, а затем на «сухую» или безотходную технологию, сопровождающуюся резким уменьшением объемов потребления воды и очищенных сточных вод.

Другая важнейшая причина сокращения запасов пресных вод связана с *уменьшением водоносности рек*. Уменьшение водоносности вызвано вырубкой лесов, распашкой пойм и осушением болот. За счёт этого увеличивается поверхностный сток и понижается уровень грунтовых вод. Быстрое таяние снега весной, выпадение обильных дождей вызывает катастрофические половодья, а летом реки мелеют, иногда пересыхают полностью.

Третьей причиной возросшего дефицита пресной воды является *загрязнение природных вод* (процесс изменения состава и свойств природных вод в результате деятельности человека, приводящей к ухудшению качества воды для водопользования). Особенно загрязнены реки и озёра в районах с высокой концентрацией промышленных

Примечание [NG1]: Вода составляет около 90% массы всех живых организмов. Потеря организмом животного 10-20% воды вызывает его гибель.

Примечание [NG2]: Сток Дона в результате хозяйственной деятельности человека уменьшился на 11 – 20%. Приток воды к Азовскому морю сократился на 23%.

предприятий и большой плотностью населения. Так, к сильно загрязнённым относится Азовское море.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ

Водоёмы загрязняются сточными водами промышленных (35%) и коммунальных предприятий (51%). Особенно сильно загрязняют поверхностные воды отходы ЖКХ, сельского хозяйства, энергетики, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности. В 1991 году эти отрасли поставляли 80% валового сброса, а в 2000 году – 84,4%.

В централизованном водоснабжении России доля поверхностных вод доминирует (68% от общего объема), однако качество 90% ее не соответствует санитарно-гигиеническим нормам и требованиям, так же, как и качество 30% подземных вод. Такую воду обрабатывают предварительно, однако из-за высокого уровня загрязнения водоисточников (особенно солями тяжелых металлов и биогенными элементами) традиционно применяемые технологии обработки воды далеко не всегда оказываются эффективными.

Типы загрязнения поверхностных и подземных вод:

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

Примечание [NG3]: (в атмосфере до 1963 г.);

К наиболее распространённым загрязнителям относятся **нефть и нефтепродукты**. Серьёзную угрозу чистоте водоёмов представляет добыча нефти со дна озёр, морей и океанов. Число подводных нефтеносных скважин растёт (20% получаемой нефти). Другим источником загрязнения водоёмов служат катастрофы с нефтеналивными судами. Анализ биологических последствий попадания больших количеств нефти в морскую воду был проведён при катастрофе танкера «Тимпако Мару». Даже спустя 7 лет не произошло полного восстановления биоценозов обширного района нефтяного загрязнения. Нефть попадает в море при разрыве шлангов, протечке муфт нефтепроводов, при её перекачке с нефтеналивных судов в береговые нефтехранилища, при промывке танкеров.

Нефть, попавшая в воду, в течение 40 – 100 часов образует поверхностную плёнку толщиной 10^{-4} см и препятствует нормальному газо- и влагообмену между водой и воздухом. Если пятно небольшое, то оно обычно исчезает с поверхности воды за 24 ч, образуя эмульсии. При хроническом воздействии даже небольших концентраций нефти постепенно падает первичная биопродуктивность моря. Обильно развиваются микроорганизмы, питающиеся нефтяными углеводородами, и они становятся ядовитыми для многих морских обитателей. У планктонных микроскопических водорослей замедляется темп деления клеток, некоторые виды водорослей теряют способность к размножению и погибают.

Ароматическая фракция нефти содержит вещества мутагенной и канцерогенной природы, например, бензпирен. Бензпирен активно циркулирует по морским пищевым цепочкам и попадает в пищу людей. У нефти есть еще одно неприятное побочное свойство. Ее углеводороды способны растворять в себе ряд других загрязняющих веществ, таких, как пестициды, тяжелые металлы, которые вместе с нефтью концентрируются в приповерхностном слое воды и еще более отравляют его.

Тяжёлые фракции нефти оседают на дно. Иногда нефть, осевшая на дно водоёма в холодное время года, всплывает на поверхность с наступлением тёплого периода. Комки затонувшей у берега нефти под действием волн перекачиваются по дну, насыщаются песком, галькой, раковинами, образуя прочные, пропитанные дёгтем шары. На них поселяются усоногие раки, некоторые виды моллюсков. Появление таких новых своеобразных мест обитания способствует увеличению численности отдельных групп животных, что нарушает равновесие водных экосистем.

Пестициды представляют группу искусственно созданных веществ, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений. Пестициды делятся на следующие группы:

- инсектициды – для борьбы с вредными насекомыми,
- фунгициды и бактерициды - для борьбы с бактериальными болезнями растений,
- гербициды – против сорных растений и др.

Установлено, что пестициды, уничтожая вредителей, наносят вред многим полезным организмам и подрывают здоровье биоценозов. В большинстве случаев используется только 4 – 5% внесенного количества, а остальная масса рассеивается, попадая в почвы и водоемы и загрязняя их. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химических (загрязняющих среду) к биологическим (экологически чистым) методам борьбы с вредителями. Различие между химическими и биологическими методами состоит в том, что в качестве химических

средств используются вещества, а в качестве биологических – существа, способные к размножению (например, для борьбы с членистоногими используют их паразитов и хищников).

Промышленное производство пестицидов сопровождается появлением большого количества побочных продуктов, загрязняющих сточные воды.

Всё большее значение как загрязнители воды имеют **поверхностно-активные вещества (ПАВ)**, в том числе синтетические моющие средства (СМС). Широкое применение этих средств в быту и промышленности приводит к увеличению их концентрации в сточных водах. Они плохо удаляются очистными сооружениями, замедляя процессы коагуляции при очистке воды, попадают в водоёмы, в том числе хозяйственно-питьевого назначения, а оттуда в водопровод. Присутствие в воде СМС придаёт ей неприятный вкус и запах. В реках с быстрым течением у камней, порогов, вдоль берегов образуется пена, куски которой можно обнаружить на поверхности многих небольших речек сильно загрязнённых районов.

Концентрация 1 мг/л СМС в воде вызывает гибель мелких планктонных организмов, 3 мг/л – гибель дафний и циклопов, 5 мг/л – замор рыбы. Эти вещества замедляют естественное самоочищение водоёмов, действуя угнетающе на многие биохимические процессы. СМС снижают способность вод к насыщению O_2 , парализуют деятельность бактерий, разрушающих органические вещества.

В водных экосистемах фосфор часто является лимитирующим фактором, поэтому его содержание в загрязнениях имеет особое значение. Применение фосфатосодержащих СМС приводит к значительному увеличению содержания фосфора в реках, а это вызывает интенсивное развитие в них растительности, «цветение» рек и водоемов.

К приоритетным загрязняющим веществам относятся также **тяжелые металлы**. К тяжелым металлам, по классификации Н.Ф.Реймерса, относят металлы с плотностью более 8 г/см^3 (за исключением редких и благородных металлов). Таким образом, к тяжелым металлам относятся Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. Практически все металлы, попадающие под это определение (кроме свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых в настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов.

По своему токсичному действию в морской среде особую опасность представляет ртуть. Она поступает в водные объекты со сточными водами предприятий, производящих красители, пестициды, фармацевтические препараты, некоторые взрывчатые вещества. Под влиянием микробиологических процессов токсичная неорганическая ртуть превращается в еще более токсичные органические соединения ртути (например, метилированную ртуть). Ионы ртути поглощаются водными растениями; по трофическим цепям ртуть поступает к

травоядным, затем к хищникам. Иногда концентрация ионов ртути в организмах в десятки и сотни раз превышает исходную концентрацию их в водоёме.

Такое накопление веществ при прохождении через пищевую цепь называют биоконцентрированием. Яркий пример проявления биоконцентрирования – болезнь Минаматы (биоконцентрирование Hg^{2+}): нарушение координации и подвижности у рыбы, судороги у кошек, питающихся такой рыбой, умственная отсталость, тератогенные эффекты у рыбаков и их семей.

Кроме того, тяжелые металлы способны к биоаккумуляции (малые дозы, не разрушаясь, накапливаются в организме, создавая токсичную концентрацию). Тяжелые металлы как простые элементы невозможно разрушить или преобразовать в ходе химических процессов. Организм неспособен освободиться от них, поскольку тяжелые металлы прочно связываются с белками. В результате металлы удерживаются и накапливаются в теле, как на фильтре.

Основными источниками **радиоактивного загрязнения** Мирового океана являются: загрязнение от испытаний ядерного оружия; загрязнение радиоактивными отходами, которые непосредственно сбрасываются в море; крупномасштабные аварии (например, ЧАЭС), аварии судов с атомными реакторами; захоронение радиоактивных отходов на дне.

Воды Мирового океана загрязнены наиболее опасными радионуклидами Cs-137, Sr-90, церия-144, иттрия-93, ниобия-95, которые, обладая высокой биоаккумулирующей способностью, переходят по пищевым цепям и концентрируются в морских организмах высших трофических уровней.

Многие страны, имеющие выход к морю, производят *морское захоронение различных материалов и веществ (дампинг)*, в частности грунта, вынутого при дноуглубительных работах, бурового шлама, отходов промышленности, строительного мусора, твердых отходов, взрывчатых и химических веществ, радиоактивных отходов. Объем захоронений составил около 10% от всей массы загрязняющих веществ, поступающих в Мировой океан.

Основанием для дампинга в море служит возможность морской среды к переработке большого количества органических и неорганических веществ без особого ущерба качеству воды. Однако эта способность не беспредельна. Поэтому дампинг рассматривается как вынужденная мера, временная дань общества несовершенству технологий переработки и утилизации отходов.

Во время сброса и прохождения отходов сквозь столб воды часть загрязняющих веществ переходит в раствор, изменяя качество воды,

другая часть сорбируется частицами взвеси и переходит в донные отложения. Повышается мутность воды. Наличие органических веществ часто приводит к быстрому расходованию кислорода в воде и нередко к его полному исчезновению, накоплению сероводорода.

Присутствие большого количества органических веществ создает в грунтах устойчивую восстановительную (бескислородную) среду, в которой возникает особый тип иловых вод, содержащих сероводород, аммиак, ионы металлов. Воздействию сбрасываемых отходов и измененной среды в разной степени подвергаются малоподвижные организмы бентоса, нередко погибая от удушья и отравления. У выживших рыб, моллюсков и ракообразных уменьшается скорость роста за счет ухудшения условий питания и дыхания. Нередко изменяется видовой состав донного сообщества.

При организации системы контроля за сбросами отходов в море решающее значение имеет определение районов дампинга, определение динамики загрязнения морской воды и донных отложений. Для выявления возможных объемов сброса в море необходимо проводить расчеты всех загрязняющих веществ в составе сброса.

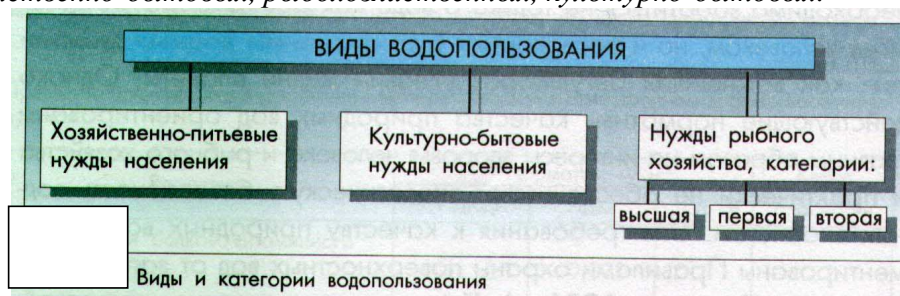
При сбросах сточных вод в море используется эффект плотностной стратификации морских вод (увеличение их плотности с глубиной). Так, южнее Марселя промышленные сточные воды сбрасываются на глубину 320м на расстояние около 60км от берега, у Осло – на глубину 200м в глубоководный каньон. Эти воды не попадают непосредственно на воды континентального шельфа, наиболее продуктивного в биологическом отношении. Использование эффекта плотностной стратификации может существенно ослабить, а иногда и устранить загрязнение поверхностного слоя моря, который интенсивнее всего используется человеком. Разумеется, в процессе водообмена между глубинными и поверхностными слоями разбавленные сточные воды рано или поздно попадут на поверхность. Но в результате отмирания бактериального загрязнения, оседания взвешенных частиц, интенсивного разбавления морской водой сточные воды со временем теряют свои опасные свойства.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

В зависимости от предъявляемых требований к водному объекту его состояние может быть оценено по-разному. Простое описание водного объекта, например, по составу живущих в нем организмов, ничего не дает человеку, если он не знает, для чего используется этот объект. Требования к состоянию водного объекта формулируются в зависимости от целей водопользования. Такие требования и положены в основу экологического нормирования.

Нормы качества воды – установленные значения показателей качества воды для конкретных видов водопользования. Нормирование

качества воды в России осуществляется для различных целей: *питьевых, хозяйственно-бытовых, рыбохозяйственных, культурно-бытовых.*



Деятельность по охране водных ресурсов и мониторингу качества воды в конечном итоге сводится к тому, чтобы не допустить сброса больших масс загрязненных веществ в природные водоемы. Это достигается регламентацией сбросов сточных вод в водные объекты.

ПДС – предельно допустимый сброс вещества в водный объект – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого за единицу времени, превышение которой приводит к неблагоприятным последствиям в окружающей среде или опасно для здоровья человека. ПДС устанавливаются с учетом ПДК (предельно допустимых концентраций) химических веществ, категории водопользования, норм качества воды и ассимилирующей способности водного объекта.

Самоочищение воды и антропогенное эвтрофирование

Природная вода обладает важной способностью к самоочищению под влиянием естественных факторов: солнечной радиации, газов, растворенных в воде, деятельности редуцентов. В процессе естественного самоочищения при многократном разбавлении стоков чистой водой в реке через 24 часа остается только 50% бактерий, а через 36 часов – 0,5%. Самым важным условием, необходимым для того, чтобы биохимические процессы в водоеме и обеспечивали самоочищение воды, является наличие в ней растворенного кислорода. Если кислорода недостаточно, то высшие организмы погибают. Органические соединения вместо окисления подвергаются анаэробному разложению с выделением сероводорода, метана и водорода, создающих вторичные загрязнения водоемов.

К важнейшим процессам самоочищения водоемов относятся:

- осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей;
- окисление (минерализация) органических примесей;
- окисление минеральных примесей кислородом;
- нейтрализация кислот и оснований за счет буферной емкости воды водоема;

- гидролиз солей тяжелых металлов, приводящий к образованию малорастворимых гидроксидов и выделению их в донные осадки и др.

В настоящее время многие водоемы не справляются с большим количеством попадающих в них загрязняющих веществ. Что же происходит при этом в водной экосистеме?

Как и любая другая, природная водная экосистема включает три функционирующие группы живых организмов: продуценты; консументы; редуценты. Эти три группы живых существ обеспечивают круговорот вещества и энергии в системе. Процессы самоочищения в водных экосистемах обеспечиваются редуцентами, усваивающими растительные остатки и отходы жизнедеятельности животных, разлагающими их до минеральных веществ. При этом они не только уравнивают ионный состав воды, но и выделяют в нее ферменты, витамины, гормоны. Антропогенные воздействия нарушают это равновесие, изменяют качество воды.

Люди создали однонаправленный поток биогенов: из земли с урожаем, а затем в реки и моря, так как отходы в основном сбрасываются в водотоки. Конечно, если количество сточных вод и содержащихся в них вредных примесей невелико, то для их очистки вполне достаточно естественных процессов седиментации (осаждения под действием гравитации) и бактериального окисления. Если же количество сточных вод превышает пороговый уровень для данной экосистемы, естественные процессы оказываются не в состоянии регулировать систему. Например, сброс органических веществ в чрезмерно больших количествах приводит одновременно к обеднению вод кислородом и отравлению их продуктами окисления. Поскольку вода лишается кислорода, аэробные бактерии вытесняются анаэробными, среди продуктов распада появляются вредные вещества, содержащие амины, метан, сероводород и др. В связи с этим возникает проблема эвтрофикации вод.

Эвтрофикация – повышение биологической продуктивности водоема в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов. Основной признак – «цветение» воды.

Этот процесс стимулируют нитраты из удобрений, фосфаты из моющих средств и т.д. Следствием чрезмерного насыщения воды органическими веществами является массовый рост водорослей, на разложение которых после их отмирания расходуется большое количество O_2 . От этого вода мутнеет, гибнут бентосные растения (*бентос – совокупность организмов – обитателей дна водоема*), уменьшается концентрация O_2 , задыхаются обитающие на дне рыбы и моллюски, сильно развивается *фитопланктон – свободно плавающие в воде растения*, усиливая мутность воды и препятствуя доступу солнечных лучей в глубину.

Существует два подхода к борьбе с эвтрофикацией: первый направлен на устранение ее симптомов с помощью химической обработки воды, аэрации, сбора водорослей; второй подход связан с устранением причин, т.е. уменьшением притока биогенных веществ. Для этого необходимо повышать эффективность очистки, сокращать применение удобрений, использовать заменители фосфатов в моющих средствах и др.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

В зависимости от способа использования воды выделяются отрасли хозяйства - водопользователи и водопотребители. При водопользовании вода остается в водоемах, она служит лишь в качестве среды для транспорта, рыбного хозяйства, рекреации и т.д. К водопотребителям относятся те отрасли хозяйства (промышленность, сельское, коммунальное хозяйство), которые изымают воду из источников. Сточные воды – это воды, бывшие в бытовом, промышленном или сельскохозяйственном употреблении либо прошедшие через какую-либо загрязненную территорию. В зависимости от условий образования сточные воды делятся на промышленные (ПСВ), бытовые и хозяйственно-фекальные (БСВ) и атмосферные (АСВ).

Крупнейшие водопотребители Ростовской области: промышленность (44,5% всей используемой воды); оросительные системы (31,3%); коммунальное хозяйство (8%); сельскохозяйственное водоснабжение (3,6%).

Из общего объема сточных вод Ростовской области

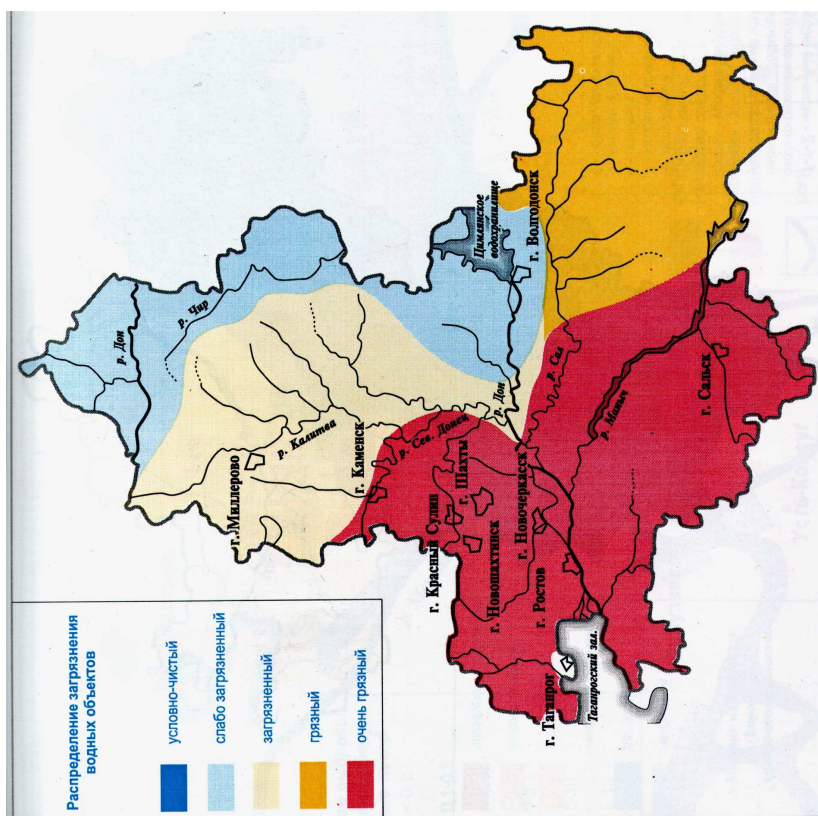
84% – *условно чистые*, сбрасываются в водоемы без разбавления;

4% – *нормативно очищенные*, т.е. требуют 7-ми кратного разбавления перед сбросом в водоем;

12% – *загрязнённые*, т.е. перед сбросом в водоем требуют 30-ти кратного разбавления.

Качество воды Нижнего Дона характеризовалось в 1998 году повышенным содержанием нефтепродуктов (в среднем 7,8 ПДК), фенолов (от 1 до 7 ПДК), нитратов (до 5,3 ПДК), солей Cu^{2+} (до 10 ПДК).

Сверхнормативное безвозвратное водопотребление стока рек Дон и Кубани, эрозия берегов и почв на водосборе, высокая рекреационная нагрузка и большой объем загрязняющих веществ, поступающих в море с речным стоком, а также с грунтом, перемещаемым в места захоронения из районов дноуглубительных работ в портах и по фарватерам, - все это определяет крайне неблагоприятную экологическую обстановку на Азовском море, как и на большинстве водных объектов Ростовской области



Существует несколько методов определения степени загрязнения водоемов:

прямое *измерение концентраций* загрязнителей, например солей Me^{n+} ;

определение загрязнения по *методу БПК* (биохимическое потребление кислорода) – количеству кислорода, поглощенного определенным объемом воды за 5 суток при температуре $+18...+20^{\circ}C$, поскольку при загрязнении водоемов органическими веществами потребление O_2 для дыхания организмов и окислительных процессов возрастает;

при *бактериологическом анализе* определяют количество бактерий в 1см^3 воды при выращивании колоний на питательных средах в лаборатории;

для биологической диагностики степени загрязнения воды используются *метод биотестирования*, учитывающий, что загрязнение воды по-разному сказывается на видовом разнообразии водных биоценозов. Одни виды нуждаются в органических веществах, другие не могут жить в их присутствии. Около 800 обитателей пресных водоемов очень чувствительны к присутствию в воде органических веществ, они служат индикаторами благополучия водных экосистем.

Различают *механическую, физико-химическую и биологическую* очистку сточных вод в зависимости от типа процессов, протекающих в очистных сооружениях. После очистки, перед сбросом в водоемы, сточные воды должны обеззараживаться с целью уничтожения патогенных микробов. В схеме очистки сточных вод первым этапом обычно является освобождение от твёрдых частиц. При этом используются следующие методы:

- сепарация или отстаивание (основаны на действии центробежных и гравитационных сил);
- фильтрование (сита, ткани, мембраны, песок);
- флотация (получение системы «загрязнённая частица – воздушный пузырёк» и её удаление с образовавшейся пеной или прилипание частицы загрязнителя к поверхности жидкости – плёночная флотация);

К сооружениям для механической очистки относятся: решетки и сита (для задержания крупных примесей), песколовки (для улавливания минеральных примесей, песка), отстойники (для медленно оседающих и плавающих примесей) и фильтры (для мелких нерастворенных примесей). Специфические загрязнения производственных сточных вод удаляются с помощью жироловок, нефтеловушек, масло- и смолоуловителей и др. При механической очистке удается задерживать до 60% нерастворенных примесей.

На втором этапе используются главным образом химические и физико-химические методы очистки, например: нейтрализация, сорбционные методы, ионный обмен, экстракция, окислительно-восстановительные, термические методы, сжигание, каталитическое окисление, выпаривание, плазменный метод и др.

Наибольшее распространение находят методы реагентной очистки с применением коагулянтов, в качестве которых используют сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$, хлорное железо $FeCl_3$, сернокислое железо $Fe_2(SO_4)_3$, известь $CaCO_3$ и др. Соли-коагулянты способствуют укрупнению частиц, образуя хлопья, что делает возможным дальнейшее осаждение и фильтрование мелких нерастворенных, коллоидных и частично растворенных примесей.

Третий этап – биологический метод очистки, основан на использовании микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности разрушают органические соединения, используя их как пищу и переводя в неорганические.

Сооружения биологической очистки условно делят на два типа: сооружения, в которых процессы протекают в условиях, близких к естественным (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды),

и те, в которых очистка происходит в искусственно созданных условиях (аэротенки, биофильтры).

При естественной биологической очистке сточных вод биохимические процессы протекают в почве или воде и заключаются в постепенном разложении органического вещества сточных вод до простейших минеральных соединений под действием природных микроорганизмов.

Земледельческие *поля орошения* представляют собой специальные земельные площадки, по которым равномерно распределяется сточная вода, фильтрующаяся через поры грунта. В этом случае очистка сточных вод совмещена с возделыванием различных сельскохозяйственных культур. При отсутствии последних эти площадки называются *полями фильтрации*. Профильтрованная через почву вода собирается в дренажных трубах и канавах и стекает в водоемы. На поверхности почвы образуется биологическая пленка из микроорганизмов-редуцентов. Почвенным методам очистки в последнее время уделяется большое внимание, так как вместе с очисткой вод происходит и интенсификация сельскохозяйственного производства.

Биологические пруды предназначены для доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Представляют они из себя водоемы глубиной 0,5 – 1,5 м, где протекают естественные биохимические процессы самоочищения воды. Насыщение воды кислородом происходит вследствие естественной атмосферной аэрации, но может применяться и искусственная аэрация. В зимнее время пруды не работают.

Биофильтры – сооружения, в которых создаются условия для интенсификации естественных биохимических процессов. Это резервуары с фильтрующим материалом, дренажем и устройством для распределения воды. Сточная вода с помощью распределительных устройств периодически разливается по поверхности загрузки, профильтровывается и отводится во вторичный отстойник. На поверхности фильтра постепенно созревает биопленка из различных микроорганизмов, которые выполняют ту же функцию, что и на полях фильтрации, т.е. минерализуют органические вещества.

Аэротенк – это резервуар, в который поступают сточная вода после механической очистки, активный ил, воздух непрерывной струей. Хлопья активного ила представляют собой биоценоз микроорганизмов-редуцентов (бактерий, простейших, червей и др.), в качестве питания использующих органические загрязнения воды. При заданной степени очистки (обычно 85-90%) скорость биохимических реакций (разложения органических веществ) в аэротенке регулируется концентрацией потока, содержанием кислорода в сточной воде, температурой и рН среды, содержанием биогенных элементов, а также тяжелых металлов и минеральных солей. Из аэротенка сточная вода в смеси с активным илом

поступает во вторичные отстойники, где ил осаждается и возвращается в аэротенк, а вода подается в контактные резервуары для хлорирования – обеззараживания.

Таким образом, влияние хозяйственной деятельности человека на природные воды привело к:

- сокращению количества воды в водоемах суши;
- росту водопотребления;
- истощению самоочищающей способности водоемов;
- деградации природных вод.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику источникам и последствиям загрязнения поверхностных и подземных вод.
2. Какими нормативами контролируется уровень загрязнения воды?
3. Общая характеристика физико-химических методов очистки сточных вод.
4. Общая характеристика химических и биологических методов очистки сточных вод.
5. Каковы причины возникновения кислотных дождей? Какой вред они наносят?
6. Каковы причины и признаки эвтрофикации водоемов?