

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Кафедра инженерной экологии и химии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лекционным и практическим занятиям по курсу

«ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»

для слушателей Института повышения квалификации и переподготовки кадров

специальности переподготовки

1-57 01 71 Промышленная экология и рациональное использование
природных ресурсов (квалификация - инженер-эколог)



Брест
2011

УДК [(504.5+628.5):66](07)

Методические указания содержат конспект лекций, в который включены сведения о технологических и экозащитных процессах, классификация производственных загрязнений, рассмотрены методы организации безотходных и малоотходных производств, приведено описание методов очистки жидких стоков, а также характеристика аппаратного оформления. В практической части предложены темы семинарских занятий, а также темы рефератов, рекомендуемые для проведения диспутов и «круглых столов». Составлены контрольные вопросы, способствующие закреплению у слушателей полученных теоретических знаний.

Составители: Тур Э.А., *к.т.н., доцент*,
Головач А.П., *доцент*
Кафедра инженерной экологии и химии
УО «Брестский государственный технический университет»

Рецензент: Голуб Н.М., *к.х.н., доцент*
декан биологического факультета
УО «Брестский государственный университет
имени А.С. Пушкина»

© Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. ЧЕЛОВЕЧЕСТВО И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

1.1 Окружающая среда

Первоисточник удовлетворения материальных и духовных потребностей человека – это природа. Природа представляет также и среду обитания человека – окружающую среду. Человек живёт и развивается в условиях непрерывного обмена веществом, энергией и информацией с окружающей средой.

В окружающей среде выделяют природную среду (естественные материальные тела и процессы, протекающие в них), материальные объекты, созданные человеком, процессы и явления, вызванные деятельностью человека, социально-экономические условия существования, свойственные человеку. Таким образом, окружающую среду составляют как физические, так и социально-экономические компоненты.

Физические компоненты подразделяются на природные (определяемые положением Земли в космосе и географией планеты) и техногенные (созданные человеком в результате его деятельности). Воздействие человека на природу возрастает с каждым годом. Вследствие этого роль и степень участия природных компонентов в многокомпонентной системе «человек - окружающая среда» определяются уже не только космическими и планетарными факторами, но и масштабами производственной деятельности человека.

К важнейшим природным компонентам окружающей среды относятся:

- географическое положение региона, определяющее целесообразность производства и величину трудозатрат на него;
- энергетические ресурсы (распределение запасов ископаемого топлива, речных стоков, оказывающих влияние на выбор места и методов производства);
- устройство поверхности и климат, от которых зависят виды производства;
- водные ресурсы, определяющие в значительной степени условия жизни и развитие региона;
- воздух (и проблема загрязнения атмосферного бассейна в зонах концентрации производства;
- почва, качество которой влияет на плотность населения;
- флора и фауна, способствующие поддержанию водного, атмосферного и пищевого балансов.

К природным компонентам окружающей среды относятся также разнообразные процессы и явления в природе, оказывающие существенное влияние на жизнь и деятельность человека:

- геологические (землетрясения, вулканическая деятельность),
- атмосферные (ураганы, засухи),
- гидросферные (наводнения, цунами),
- биосферные (взаимодействие организмов различных видов, эпидемии).

К физическим компонентам, созданным человеком в процессе труда и целенаправленной деятельности относятся:

- искусственные и материальные тела,
- синтетические материалы и продукты различного назначения,

- жилые и производственные здания,
- одежда и разнообразные предметы быта,
- коммуникационные и транспортные средства,
- химические вещества и шумы, вносимые в окружающую среду.

Существование социально-экономических компонентов окружающей среды связано с тем, что человек – это не только биологическое, но и социальное явление, формы и удельный вес которого в системе «человек – окружающая среда» зависят от способа производства и вытекающих из него производственных отношений и состояния общества. Среди социально-экономических компонентов выделяют собственно экономические факторы, определяющие физические возможности удовлетворения потребностей человека, и социальные факторы, к которым относят: состояние проблемы «богатство-бедность», условия производственной деятельности, уровень образованности общества, доступность культуры и информации членам общества.

Социально-экономические компоненты окружающей среды в ещё большей степени, чем физические компоненты, стали категорией исторической. Они зависят от уровня развития общества и весьма лабильны, изменяясь как во временном, так и в региональном отношении.

1.2 Человек как компонент окружающей среды

В системе «человек - окружающая среда» человек представляет не только объект, но и субъект её, так как обладает возможностью целенаправленного изменения окружающей среды и приспособления её к своим потребностям. Следствием этого является существование в такой системе разнообразных одно- и двухсторонних связей, характер которых исторически меняется с развитием общества (рис. 1).

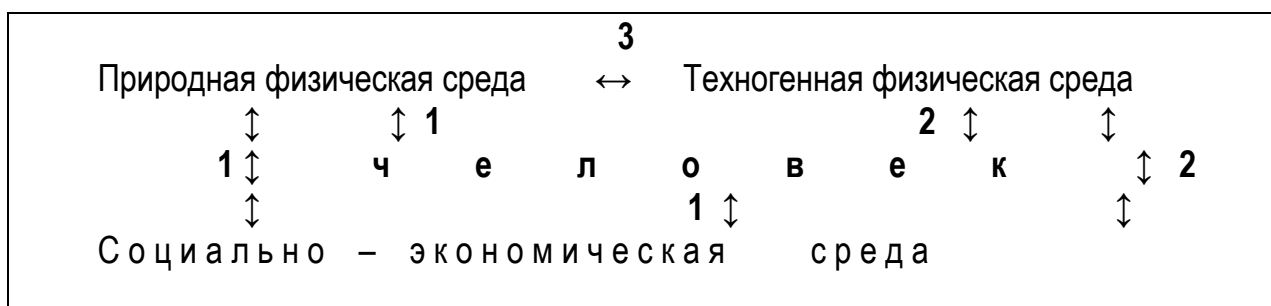


Рис. 1 Человек в структуре окружающей среды

Связи первого типа (1) – «человек» - «природная физическая среда», «человек» - «социально-экономическая среда» и «природная физическая среда» - «социально-экономическая среда» - характерны для всей истории человечества, так как возникли с момента появления человека как биологического вида.

Связи второго типа (2) – «человек» - «техногенная физическая среда» и «техногенная физическая среда» - «социально-экономическая среда» - обусловлены появлением техногенной физической среды. Они приобрели особое значение в нашу эпоху вследствие ускоренного развития производства, широкого использования природных ресурсов в качестве сырья, увеличения объёма производства синтетических материалов, возникновения новых процессов в технологии и энергетике.

Связи третьего типа (3) – «природная физическая среда» - «техногенная физическая среда – появились во второй половине XX века. Их возникновение связано с всё возрастающим влиянием антропогенной деятельности на природу, что в конечном итоге приводит к трансформации Земли как планеты, и носит космический характер.

К подобным факторам можно отнести создание искусственных водоёмов большой площади, истребление лесных массивов, радиоактивное заражение планеты.

Таким образом, взаимодействие человека с окружающей средой на различных исторических этапах развития общества осуществляется в различных формах и с различной интенсивностью. От приспособления к среде обитания человек переходит к её изменению, в котором первоочередное значение приобретает его производственная деятельность.

Следовательно, из шести энергетических факторов, определяющих динамическое равновесие в природе Земли (энергия солнца, сила гравитации, тектонические силы, химическая энергия, биологическая энергия, энергия планетной индустрии) фактор «энергия планетной индустрии» приобретает всё большее значение. Более того, в настоящее время он в значительной степени определяет состояние этого равновесия. При этом действие данного фактора возрастает в два раза каждые 15 лет.

2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И РЕСУРСЫ ПЛАНЕТЫ

Условием существования и развития человечества является материальное производство, то есть общественно-практическое отношение человека к природе. Разнообразие и гигантские масштабы современного промышленного производства приводят к весьма существенному воздействию его на окружающую среду и вызывают изменение атмосферы и климата, состояния гидросферы, литосферы и биосферы.

Атмосфера – это естественная внешняя газообразная оболочка Земли, которая обеспечивает физиологические процессы дыхания, регулирует интенсивность солнечной радиации, служит источником атмосферной влаги и средой, поглощающей газообразные продукты жизнедеятельности живых организмов. Состав, чистота, характер перемещения воздушных масс в атмосфере являются необходимым условием существования жизни на планете Земля. Воздействие промышленных производств на атмосферу изменяет её состояние: загрязняет вредными веществами, туманами, электро-магнитными излучениями, снижает количество кислорода, разрушает озоновый слой.

Гидросфера – это водная оболочка Земли. Она включает: океаны, моря, континентальные водоёмы и ледяные покровы материков. Гидросфера обуславливает существование биологической жизни на Земле, так как вода – необходимый компонент всех биологических процессов. Водоёмы – это пути сообщения, источники промышленного снабжения водой, источники энергии. Свыше 95 % всей гидросферы приходится на долю мирового океана. В нём в массе фитопланктона происходит синтез белков и жиров. Мировой океан насыщает атмосферу кислородом, регулирует обмен веществ и поддерживает динамическое равновесие в природе. Промышленное производство приводит к загрязнению, засорению, истощению (континентальные водоёмы) гидросферы.

Литосфера – это твёрдая оболочка Земли. Она является источником минерального сырья и ископаемого топлива, почвенного слоя. В литосфере формируется сток речных вод и химический состав суши. Хозяйственная и производственная деятельность человека приводит к истощению природных ископаемых, загрязняет поверхность Земли отходами производств, сокращает площадь пахотных земель.

Загрязняющие вещества, источниками выделения которых являются промышленные и транспортные объекты (включая объекты агропромышленного комплекса), распространяются и накапливаются во всех компонентах биосферы (воде, воздухе, почвах, растениях, животных).

Химические элементы и их соединения, обладая определенной подвижностью, устойчивостью, способностью к концентрации и рассеянию в кислой, щелочной или нейтральной среде, мигрируют в окружающую среду (ОС) и воздействуют на биоту.

К числу основных загрязнителей атмосферы относятся: взвешенные частицы, СО, СО₂, NO_x, соединения серы, углеводороды, свинец, ртуть, кадмий, хлорированные органические соединения, аммиак, фреоны, радиоактивные вещества.

Под влиянием промышленных и транспортных загрязнений изменения в ОС могут происходить в общепланетарном и региональном (локальном) масштабах. Рассмотрим:

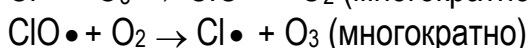
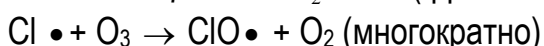
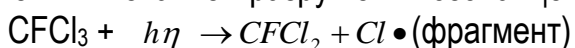
Механизмы процессов, приводящих к локальным и глобальным экологическим проблемам

1. Изменение концентрации озона в стратосфере и тропосфере.

Озоновые «дыры».

Впервые в 1992 г. зафиксировано исчезновение озона над Антарктидой на высотах 14-20 км, в 1996 году «дыра» над Северным полушарием и Восточной Сибирью достигла 3000 км в поперечнике. К загрязнителям, вызывающим разрушение озонового слоя, относятся хлорфторуглероды (ХФУ), бромистый метил и галлоны (все они являются веществами искусственного происхождения). ХФУ – используются в качестве газов-вытеснителей в аэрозольных упаковках, в автомобильных кондиционерах, в холодильных установках. Бромистый метил СН₃Br используется в виде добавок к автомобильному топливу. Галлоны (галлон-1301) используются для пожаротушения.

Озон разрушается в результате каталитических реакций, под действием свободных радикалов **Cl•** и **Br•**, которые образуются в верхних слоях атмосферы под действием УФ-излучения. Механизм разрушения озона цепной, свободно-радикальный.



2. Изменение концентрации «парниковых газов» (СО₂, СН₄, N₂O, O₃, ХФУ) в атмосфере и возможные климатические изменения.

При «парниковом эффекте» солнечная радиация, достигающая поверхности Земли, частично адсорбируется ею, а частично отражается. Некоторая часть этой энергии поглощается парами воды, парниковыми газами и не проходит в космическое пространство. Тем самым нарушается глобальный энергетический баланс планеты. Потепление вызовет подъем уровня мирового океана и будет происходить

неравномерно: у полюсов интенсивнее, чем на экваторе, что приведет к изменению силы и направления ветров, дождей, океанических течений.

3. Физико-химические трансформации на локальных территориях.

Кислотные осадки.

Такие вредные химические вещества как CO, CxHy, NOx, SOx распространяются в атмосфере под действием диффузии, турбулентных процессов и вступают в процессы физико-химического взаимодействия между собой и компонентами атмосферы.

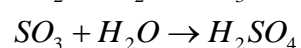
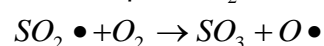
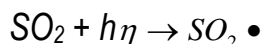
Примеры *физического реагирования*: конденсация паров кислот во влажном воздухе с образованием аэрозоля, уменьшение размеров капель жидкости в результате испарения в сухом теплом воздухе.

Химические превращения:

CO быстро диффундирует и обычно не создает высокой концентрации. Кроме того он легко окисляется до CO₂ при наличии в атмосфере окислителей (O₂, O₃, оксидные соединения, свободные радикалы).

Углеводороды в атмосфере могут подвергаться окислению, полимеризации или деструктуризации с последующим окислением. В результате образуются пероксиды, свободные радикалы, кислородсодержащие соединения различной структуры.

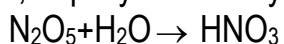
Соединения серы в виде SO₂, SO₃, H₂S, CS₂. Иницирует фотохимическое окисление солнечное излучение:



O• - продолжает цепь

Конечным продуктом является аэрозоль или раствор серной кислоты в дождевой воде.

Соединения азота: NO, NO₂, N₂O₅. Под действием солнечного света NO интенсивно окисляется до NO₂. Кинетика дальнейших превращений NO₂ определяется его способностью диссоциировать на NO и атомарный кислород, в процессах фотохимического смога. N₂O₅ (азотный ангидрид) образуется в больших количествах в качестве побочного продукта при синтезе аммиака («лисий хвост»), и, взаимодействуя с водой, образует кислоту.

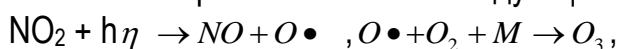


Кислотные осадки выпадают на поверхность в виде кислотных дождей, снега, тумана, росы.

4. Фотохимический смог

Это комплексная смесь, состоящая из оксидантов, в основном озона, включая слезоточивый газ – пероксиацетилнитрат (ПАН), и образующаяся при воздействии солнечного света из двух компонентов- NO и углеводородов.

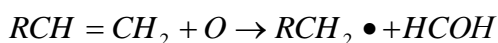
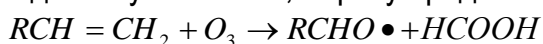
Механизм образования смога следующий:



где M – третье неактивное вещество (например, N₂).

Озон связывается с NO и замыкает цикл без образования оксиданта.

При наличии в воздухе олефиновых углеводородов озон и атомарный кислород взаимодействуют с ними, образуя радикалы:



Образовавшиеся радикалы, другие вещества, способные к окислению, реагируют с компонентами атмосферы по цепному механизму, образуя, в свою очередь, водород- и кислородсодержащие, а также нестабильные, с высокой реакционной способностью, пероксиацетиловые ($RC(O)O_2$) –радикалы, являющиеся предшественниками ПАН.

Формирование смога и образование оксиданта обычно останавливается при прекращении поступления солнечной радиации.

5. Тепловые аномалии.

Выделяемая в ОС промышленными предприятиями и транспортом теплота оказывает на атмосферу заметное воздействие, изменяя ее тепловой режим. Количество выделяемой в ОС теплоты примерно равно потребляемой энергии. Более точную оценку можно дать по уравнению теплового баланса вида:

$$Q_{oc} = \sum_i Q_{i,жц} = Q_d + Q_{тр} + Q_{дор}$$

где: $Q_{i,жц}$ –количество теплоты, отдаваемое ОС в процессах реализации жизненных циклов транспортных и промышленных объектов и сооружений;

Q_d – теплота, отдаваемая ОС двигателями, технологическими печами и горелочными устройствами в результате тепловых потерь;

$Q_{тр}$ – теплота, отдаваемая в процессах механического трения,

$Q_{дор}$ – теплота, выделяемая дорожными покрытиями с низкой отражательной способностью (интенсивность тепловыделения может превышать в 3-4 раза фоновые излучения).

Воздействие тепловых выбросов транспорта и промышленности в крупных городах вызывает локальное повышение температуры воздуха над отдельными транспортными магистралями, теплоцентралями, промышленными предприятиями и дорожной сетью города или региона в целом. Это области «островов теплоты» с повышенной температурой неустойчивы во времени вследствие воздействия ветра и других атмосферных факторов.

Устойчивые во времени «острова теплоты» в виде пространственного купола воздуха с более высокой температурой – на 1-4 градуса выше равновесной естественной температуры устанавливаются над городами, площадью 1000 кв.км и выше. Причиной их возникновения являются тепловые выбросы энергетики, промышленности, транспорта, которые способствуют образованию термической циркуляции, которая четко проявляется при безветрии.

Тепловые аномальные поля оказывают воздействие на природные среды, в частности приводя к изменению микроклимата, иссушению воздуха и почв, что неблагоприятно влияет на растительность.

Важнейшим результатом функционирования системы «человек – окружающая среда» является потребление человеком ресурсов планеты. Все ресурсы планеты подразделяются на природные и социальные.

Социальные ресурсы – это население, условия воспроизводства людей, научный потенциал общества.

Природные ресурсы делятся на исчерпаемые и неисчерпаемые (табл.1).

Таблица 1 – Классификация природных ресурсов

Природные ресурсы		
Исчерпаемые - тела, процессы и явления, количество и качество которых существенно изменяется в результате практической деятельности человека		Неисчерпаемые - процессы, явления и тела, количество и качество которых не изменилось за время существования и практической деятельности человека (солнечная энергия, воздух, энергия ветра и приливов, тепло земных недр)
возобновляемые ресурсы, воспроизводящиеся в результате природных процессов и целенаправленной деятельности человека (почва, флора, фауна)	Невозобновляемые - ресурсы, пополнение которых практически невозможно (минеральные и органические ископаемые)	
	уничтожаемые ископаемое топливо	

Динамическое равновесие в природе на планете Земля определяют 6 факторов:

- энергия солнца;
- сила гравитации;
- тектонические силы;
- химическая энергия;
- биологическая энергия;
- энергия планетарной индустрии.

Последний фактор в настоящее время приобретает большее значение и определяет состояние данного динамического равновесия. Действие последнего, техногенного фактора возрастает в 2 раза каждые 15 лет.

3. МАТЕРИАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

3.1 Материальное производство

В 19-м, 20-м и начале 21-го столетия взаимодействие человека с окружающей средой или антропогенная деятельность реализуется в форме крупномасштабного материального производства.

Материальное производство – процесс создания материальных благ – включает три обязательных компонента:

- предметы труда – всё то, что подвергается обработке, на что направлен труд человека. Они даны природой (уголь, нефть, руда) или являются продуктами труда (хлопок, древесина, металл).
- средства труда – машины, аппараты, приспособления, с помощью которых человек воздействует на предметы труда.

- живой труд – сознательная, целенаправленная деятельность человека, в процессе которой он придаёт предметам труда форму, пригодную для удовлетворения его потребностей.

Процесс производства реализуется в форме промышленности. Промышленность подразделяется на отрасли.

Отрасль промышленности – совокупность предприятий и производств, обособившихся в процессе разделения труда и характеризующихся общностью назначения производимой продукции, спецификой сырья, средств труда, технологических процессов, составом персонала, формой организации труда, условиями производственной деятельности и общностью технологической базы.

3.2 Научно-технический прогресс

Научно-технический прогресс в современной промышленности отличают следующие направления:

1) совершенствование средств труда (создание аппаратов многофункционального действия; укрупнение оборудования; повышение надёжности и коррозионной стойкости аппаратуры; применение новых конструкционных материалов и ингибиторов коррозии; повышение гигиенических требований к аппаратуре и её работе);

2) рациональное использование сырья (внедрение методов комплексной переработки сырья и создание малоотходных технологий; изменение баланса сырья: замена пищевого на техническое, использование более дешёвого и распространённого сырья);

3) изменение существующих и создание новых технологий (совершенствование методов переработки осуществляется за счёт использования в процессе переработки более высоких температур, давлений и скоростей потока реагентов; применение новых высокоэффективных катализаторов; введение в практику экстремальных (ультразвук, радиационное облучение) и щадящих (ферментативные процессы) воздействий на систему; реализация техпроцессов в плазме и магнитном поле; введение новых энергосберегающих технологий путём замены тепловых процессов массообменными; создание гибких, легко перестраиваемых малостадийных технологий;

4) всесторонняя автоматизация производства (сокращение старых, нерациональных производств; развитие высоких технологий; переоснащение производств, улучшение условий труда.

Следует учитывать возможность негативных последствий от использования научных достижений (засоление почвы, отравление речных стоков, разрушение природных экологических систем). Социальная ответственность современных инженеров-экологов предполагает учёт всех возможных негативных последствий, а также добровольный отказ от некоторых направлений научных исследований.

4. ОСНОВНОЙ КОМПОНЕНТ ПРОИЗВОДСТВА – СЫРЬЁ

Независимо от вида производимой продукции и типа процессов её получения, любое производство включает несколько обязательных элементов: сырьё (объект превращения); вода (среда протекания химических превращений, растворитель, теплоноситель, хладагент, транспортное средство и т.д.); энергия (средство

воздействия на объект); аппаратное оформление (аппараты, установки в которых осуществляется технологический процесс).

Сырьё – это природные объекты (вещества, материалы и т.п.), используемые в производстве промышленной продукции. Сырьё – это основной элемент любого производства, от которого в значительной степени зависят экономичность производства, выбор технологии, аппаратного оформления и качество производимой продукции.

В любом промышленном производстве на различных стадиях переработки можно выделить следующие материальные объекты:

- сырьё (исходные вещества);
- полупродукты (промежуточные продукты);
- побочные продукты;
- отходы;
- целевой (готовый, конечный) продукт.

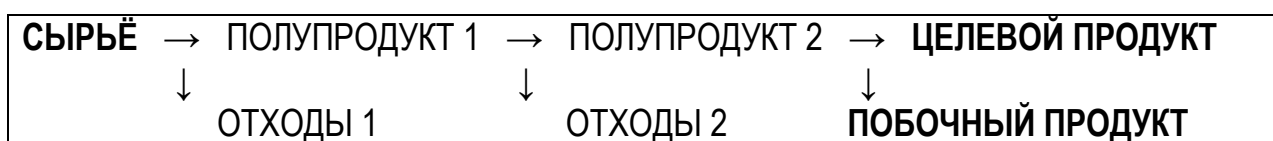


Рис. 2 Схема промышленного производства

Полупродукт – это сырьё, которое подверглось обработке на одной или нескольких стадиях производства, но не являющееся готовым продуктом. Он может быть использован на последующих стадиях производства.

Побочный продукт – это вещество или материальный объект, образующийся в процессе переработки сырья наряду с целевым продуктом, но не являющееся целью данного производства.

Попутный продукт – это побочные продукты, которые образовались при добыче или обогащении сырья.

Отходы производства – это остатки сырья, материалов и полупродуктов, которые образуются в процессе производства и которые полностью или частично утратили свойства исходного сырья.

Полупродукты, побочные продукты и отходы после предварительной обработки или без неё могут быть использованы в других производствах.

Требования к сырью: сырьё, используемое в производстве должно обеспечивать:

- малостадийность производственного процесса;
- агрегатное состояние системы, которое требует минимум затрат энергии для протекания технологического процесса;
- минимум рассеяния и потерь подводимой энергии;
- возможно более низкие параметры процесса (температура, давление и т.д.);
- максимальный выход целевого продукта.

5. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЗАЩИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Классификация экозащитных процессов (по аналогии с классификацией химико-технологических процессов) может быть проведена в зависимости от разных факторов:

от фазового состояния вещества (т.е. от размера частиц примесей) в растворе или воздухе; от количества и состава загрязнений; от скорости протекания процессов, от природы протекающих процессов и т.д..

Согласно концепции депонирующих сред, основной средой, способной накапливать и перемещать примеси, является водная среда. Следовательно, в первую очередь необходимо классифицировать примеси и экозащитные процессы, протекающие именно в этой среде. На качество воды большое влияние оказывают вещества, которые находятся в воде в различных концентрациях и фазовых состояниях. Избыточная концентрация некоторых из них может оказывать негативное влияние как на человека, так и на биологическую обстановку в природном водоеме. Поэтому при сбросе воды после технологического процесса необходимо проводить извлечение многих загрязняющих веществ и добиваться установленной ПДК в стоке.

Все химические соединения, присутствующие в воде, можно разделить на органические и неорганические, а также классифицировать их по фазовому состоянию в растворе. Наиболее удачной считается классификация примесей, предложенная академиком Л.А. Кульским (табл.2). Следует, однако, отметить, что обычно сложные экозащитные процессы (технологии) состоят из определенного набора типовых (единичных) элементов, сочетание которых позволяет решить задачу оптимальной защиты окружающей среды.

Таблица 2 - Классификация веществ и методы извлечения по фазовому состоянию в растворе

Фазовое состояние веществ в растворе	Наиболее вероятные методы очистки
Нерастворимые в воде грубодисперсные примеси – взвеси, суспензии и эмульсии (первая группа), образуют с водой гетерогенные кинетически неустойчивые соединения	Наиболее эффективны методы, основанные на использовании сил гравитации, адгезии (фильтрация, центрифугирование, отстаивание)
Вещества, коллоидной степени дисперсности ($R \approx 10^{-7}$ м), образующие с водой гидрофильные и гидрофобные системы. Близкие к коллоидным растворам (вторая группа)	Для очистки от второй группы (коллоиды и высокомолекулярные соединения) применяются флотация, седиментация, коагуляция
Вещества, молекулярной степени дисперсности ($R < 10^{-8}$), растворенные органические соединения (третья группа)	Наиболее эффективно извлекаются из воды сорбцией с применением активированных углей
Ионные растворы ($R < 10^{-9}$ м). Растворы солей, кислот, щелочей, ионы металлов (четвертая группа)	Примеси четвертой группы, являющиеся электролитами, удаляют из воды переводом ионов в малорастворимые соединения, используя реагенты и методы обессоливания

Приведенная ниже таблица 3, включающая важнейшие типовые экозащитные процессы, применяемые для очистки всех видов выбросов, сбросов и твердых отходов, составлена на основе законов, определяющих скорость протекания процессов (механизмы определения скоростей процессов будут рассмотрены далее подробно). Отметим также, что в табл.3 помещены процессы, предназначенные для защиты окружающей среды от физических воздействий. Кроме того, необходимо учесть, что номенклатура экозащитных процессов, потенциально пригодных для организации малоотходного производства, значительно превышает число известных химико-технологических процессов. Для наглядности этого факта, химико-технологические процессы выделены в таблице жирным шрифтом.

Таблица 3 - Важнейшие типовые экозащитные процессы

Механические и гидромеханические процессы	Движение потоков жидкости и газа. Осаждение. Фильтрование. Центрифугирование. Отстаивание. Измельчение. Перемешивание. Флотация. Псевдооживление. Процеживание. Осветление во взвешенном осадке. Коагуляция и флокуляция.. Гидравлическая классификация. Гранулирование. Брикетирование. Смешение диспергированных материалов.
Теплообменные процессы	Нагревание и охлаждение. Выпаривание. Сублимация. Конденсация. Замораживание. Высокотемпературная агломерация
Массообменные процессы	Дистилляция, ректификация. Абсорбция. Растворение, кристаллизация. Экстракция. Адсорбция. Сушка, увлажнение. Ионный обмен. Обратный осмос и ультрафильтрация. Выщелачивание.
Электрохимические процессы	Электрокоагуляция. Электрофлотация. Электродиализ. Электрохимическое окисление и восстановление.
Биохимические и радиохимические процессы	Биохимическая очистка сточных вод от органических и минеральных примесей. Радиационное окисление. Биохимическая обработка осадков сточных вод.
Физические и магнитные процессы	Электростатическая очистка газоздушных выбросов от пылей, туманов и брызг с использованием сухих и мокрых электрофильтров. Электрическая и магнитная сепарация.
Прочие процессы	Реагентные процессы. Жидкофазное и паровфазное окисление. Обогащение.

***Примечание:** Жирным шрифтом выделены единичные химико-технологические процессы.

6. ОСОБЕННОСТИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКОЗАЩИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Следует отметить, что теоретические основы разработки новых производственных процессов уже были созданы для решения задач химической технологии. Однако при этом не учитываются особенности применяемых процессов, их влияние на окружающую среду и ее техногенное загрязнение, не рассматривается возможность создания на основе этих процессов малоотходных технологий. Таким образом, помимо рассмотрения химико-технологических факторов, необходимо еще учитывать и экологические

факторы, кроме того, необходимо определить, в чем заключается особенность разработки химической и технологической концепции применительно к решению экологических, а не химико-технологических задач.

Разработку новых экозащитных процессов и технологий начинают с анализа возможных способов решения проблемы и заканчивают проектом промышленного устройства и (или) метода, являющегося синтезом отдельных этапов исследования и проектирования процессов. Этот подход основан на оценке химических, технологических и экологических факторов, характеризующих производственный процесс, и может использоваться для сравнительной оценки конкурирующих экозащитных процессов. Рассмотрим подробнее эти факторы.

6.1 Химические особенности экозащитного процесса

При разработке экозащитных процессов и технологий необходимо учитывать комплекс различных факторов, которые являются взаимосвязанными и взаимозависимыми. Иногда бывает сложно разделить химические и технологические факторы, влияющие на выбор метода очистки. Однако, учет химических факторов предполагает:

1. Определение состава, концентрации и количества (массового или объемного расхода) образующихся при промышленном производстве веществ, в первую очередь, токсичных, входящих в состав газовых выбросов, водных сбросов или твердых отходов;

2. Установление последовательности физических и химических процессов (с учетом их скоростей), обеспечивающих защиту окружающей среды, в том числе, и обезвреживание загрязняющих веществ с возможностью их дальнейшей рекуперацией и повторного использования.

При анализе химических факторов необходимо учитывать следующие особенности.

1. К химическим экозащитным процессам не относятся механические (измельчение, дробление, таблетирование, брикетирование, грохочение и др.), гидродинамические (отстаивание, фильтрование, центрифугирование и др.) процессы, а также процессы, основанные на конкретных физических явлениях (электрическая и магнитная сепарация, электрические методы очистки отходящих газов от пылей, туманов и т.д.)

2. Необходимо уточнение специфики при описании биохимических (аэробные и анаэробные процессы очистки, сбраживание в метатенках и т.д.) и электрохимических процессов.

3. Большинство химических реакций, лежащих в основе экозащитных процессов, являются гетерогенными. Можно выделить следующие физические и химические процессы, протекающие в этих системах, состоящие из нескольких фаз:

- а) очистка газовых выбросов – адсорбционные, абсорбционные и каталитические (гетерогенный катализ) методы; некоторые термические процессы обезвреживания газовых выбросов.

- б) очистка сточных вод – коагуляция и флокуляция, электрофлотация и др. химические методы, ионный обмен, мембранные методы, некоторые реагентные методы, экстракция в системе «жидкость-жидкость», адсорбция, жидкофазное окисление и некоторые другие.

в) переработка твердых отходов – высокотемпературная агломерация, выщелачивание, (экстракция в системе «твердое тело – жидкость»), растворение, кристаллизация и др.

Реальные экозащитные процессы протекают в следующих гетерогенных системах: твердое тело - жидкость; твердое тело - газ (с катализатором и без); твердое тело – жидкость – газ (каталитический); газ – жидкость; жидкость – жидкость (несмешивающиеся жидкости). К рассмотренным процессам примыкают гетерогенные процессы в однокомпонентных системах. Они не сопровождаются изменением химического состава фазы и сводятся к переходу из одного состояния в другое (плавление, испарение, возгонка, конденсация и др.).

4. Все гетерогенные процессы отличаются сложностью и многостадийностью и состоят, по меньшей мере, из трех стадий.

I стадия: перенос реагирующих веществ к поверхности раздела фаз – реакционной зоне (массоперенос);

II стадия: собственно гетерогенная химическая реакция;

III стадия: отвод продуктов реакции из реакционной зоны (массоперенос).

Интенсивность процесса массопереноса зависит от гидродинамических условий движения потоков, природы фаз и др. факторов.

Так как скорости процессов на всех стадиях пропорциональны площади поверхности, то скорости этих реакций определяются отношением площади поверхности фазы к ее объему. Чем больше это отношение, тем быстрее идет реакция. При этом, скорость всего процесса в целом определяется скоростью самой медленной стадии, но не обязательно равна ей, поскольку все процессы взаимосвязаны. Если наиболее медленными будут I или III стадии, то кинетика процесса будет диффузионной, если II стадия – то скорость процесса определяется скоростью реакции и лежит в кинетической области. При сравнимых скоростях имеет место равновесная ситуация.

Проводить экозащитные процессы нужно таким образом, чтобы максимально интенсифицировать процессы массопереноса вещества из одной фазы в другую, например, путем увеличения скоростей потоков газа и жидкости, использованием процессов перемешивания, прямотока или противотока.

5. Практически все экозащитные процессы, протекающие в промышленных аппаратах, являются неравновесными и характеризуются коэффициентом извлечения ϕ , который влияет на эффективность проведения экозащитного процесса.

Многие токсичные вещества, содержащиеся в газовоздушных выбросах и сточных водах, характеризуются малыми концентрациями. В этом заключается их отличие от технологических газов и растворов, применяемых в процессах химической технологии. Например, хромсодержащие стоки гальванических производств обычно содержат шестивалентный хром в концентрациях порядка нескольких десятков мг на литр, а стандартные хромсодержащие растворы гальванических ванн содержат этот ион в количестве сотен граммов на литр. Аналогичная ситуация для содержания оксидов азота в газовоздушных выбросах. Отходящие газы сернокислотного цеха содержат в своем составе 0,3-0,4% NO_2 , а выбросы отделений травления меди и ее сплавов – $(0,3-0,9) \cdot 10^{-4} \%$.

Следствием малых концентраций токсичных веществ является то, что химические реакции и массоперенос с их участием протекают с малой скоростью, что приводит к повышению длительности процессов очистки.

6.2 Технологические особенности экозащитного процесса

Для того, чтобы разрабатывать высокопроизводительные, эффективные, простые и экономически обоснованные экозащитные процессы, надежно защищающие окружающую среду, необходимо соблюдать технологические принципы организации этого процесса, в число которых входит определение числа, последовательности и вида составляющих единичных элементов (процессов). В химической технологии под единичными элементами понимают единичные типовые технологические процессы и единичные процессы с участием химических превращений. С одной стороны, количество единичных элементов экозащитных процессов больше, чем химико-технологических, с другой стороны, достаточно часто при создании экозащитного процесса, в отличие от химического, используют не набор единичных элементов, а лишь один элемент (процесс).

При разработке технологической схемы экозащитного процесса необходимо проанализировать пять технологических принципов: принцип наилучшего использования разности потенциалов, принцип наилучшего использования сырья, принцип наилучшего использования оборудования, принцип наилучшего использования энергии и принцип технологической соразмерности. Для того, чтобы выбрать один из нескольких конкурирующих технологических или экозащитных процессов, необходимо проанализировать, насколько все они соответствуют вышеперечисленным принципам, однако на практике указанные технологические принципы приходится упрощать из-за отсутствия надежных числовых характеристик и констант рассматриваемых процессов.

Для того, чтобы экозащитный процесс был эффективен и наиболее экономичен, он должен протекать с возможно большей скоростью, при максимальном использовании сырья (обезвреживаемых токсичных компонентов), минимальных затратах энергии и как можно более высоком выходе обезвреженных продуктов с единицы объема оборудования.

Решение указанных задач достигается путем проведения экозащитного процесса при возможно более высокой движущей силе и наилучшем использовании разности потенциалов. Из этого следует, что из пяти вышеперечисленных, основополагающим будет *принцип наилучшего использования разности потенциалов*.

Скорость любого процесса можно представить в следующем обобщенном виде:

$$\text{Скорость} = k \times \text{Движущая сила} / \text{Сопротивление},$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Движущая сила представляет собой разность потенциалов, характерных для данного процесса и выражает удаленность системы от состояния равновесия.

Для массообмена, в пределах одной фазы, движущей силой будет разность концентраций вещества, которая выравнивается в процессе реакции, для теплообмена – разность температур двух участков, для электрического тока – разность напряжений и т.д.

Известно, что для химической реакции движущую силу нельзя представить в виде, удобном для подстановки в данное уравнение. Однако, с движущей силой процесса связана такая термодинамическая характеристика, как изменение энергии Гиббса (ΔG). Она позволяет качественно определить направление хода реакции.

Сопротивление, входящее в знаменатель данного выражения также является характеристической величиной. В случае диффузионного массообмена, сопротивление пропорционально толщине пленки, через которую осуществляется диффузия. При теплопередаче величина сопротивления пропорциональна толщине стенки, разделяющей две среды. Если протекает химическая реакция в гомогенной системе, то с сопротивлением связана энергия активации процесса.

При практической реализации указанного принципа, необходимо учитывать сложность механизмов протекания различных экозащитных процессов (особенно гетерогенных), различные области прохождения химических превращений (диффузионная, кинетическая, тепловая), параллельность или последовательность явлений, реализуемых в единичных экозащитных процессах и ряд других факторов. Необходимо также отметить, что каждый этап экозащитного процесса следует проводить в возможно большем отдалении от состояния равновесия, что соответствует наибольшей разности потенциалов, т.е. максимальной движущей силе процесса.

Принцип наилучшего использования разности потенциалов можно количественно оценить с помощью понятия интенсивности процесса или аппарата.

В первом приближении можно считать, что результат экозащитного процесса, характеризуемый, например, массой M перенесенного вещества или количеством переданного тепла, пропорционален движущей силе (обозначенной в общем виде через Δ), времени τ и некоторой величине A , с которой соотносят интенсивность процесса (например рабочая поверхность или рабочий объем аппарата). Следовательно, уравнение любого экозащитного процесса может быть представлено в общем виде:

$$M = KA\tau\Delta$$

Коэффициент пропорциональности K характеризует скорость процесса и представляет собой кинетический коэффициент (коэффициент теплопередачи, коэффициент массопередачи). При помощи этого коэффициента можно учесть все отклонения реального процесса от этой упрощенной зависимости. *Под интенсивностью процесса понимают его результат (энергию или массу), отнесенный к единице времени и единице рабочей поверхности (или рабочего объема)*

$$I = \frac{M}{A\tau};$$

где $n = \frac{M}{A}$, n – число смен объема очищаемой жидкости в аппарате.

Следовательно, $I = \frac{n}{\tau}$. Чем больше I , тем быстрее протекает соответствующий экозащитный процесс, т.е. интенсивность показывает, сколько раз в течение единицы времени меняется объем очищенной жидкости в аппарате.

С другой стороны, $\frac{M}{\tau} = Q$, где Q – рабочий объем аппарата (если речь идет о жидкостях), а $A=V_p$. Следовательно, при очистке сточных вод интенсивность процесса может быть выражена формулой: $I = \frac{Q}{V_p}$.

Для случая химического превращения или процесса массопереноса размерность интенсивности может быть записана следующим образом:

$$[I] = \left[\frac{\text{масса.вещества}}{\text{единица.рабочей.поверхности} \times \text{единицу.времени}} \right] \text{ или}$$

$$[I] = \left[\frac{\text{масса.вещества}}{\text{единица.рабочег.о.объема} \times \text{единицу.времени}} \right]$$

Поскольку $[Q] = \left[\frac{M}{\tau} \right] = [M^3 / ч]$. Получаем $[I] = \left[\frac{M^3 / ч}{M^3} \right] = [ч^{-1}]$. Физический смысл

интенсивности процесса при ее выражении в таком виде следующий: **она показывает во сколько раз проходящий через аппарат в единицу времени объем жидкости превышает рабочий объем очистного устройства. То есть чем выше число n , тем интенсивнее идет процесс очистки.**

В то же время, $I = K\Delta$, где K – кинетический коэффициент скорости процесса, Δ - движущая сила процесса (разность потенциалов соответствующих процессов). Следовательно, **чем выше движущая сила процесса или разность его потенциалов, тем больше величина интенсивности I .**

Основным преимуществом использования I является то, что размерность этой величины совпадает с такой широко используемой характеристикой, как удельная производительность экозащитного устройства. Эти характеристики приводятся в технической литературе, специальных справочниках. Из всего вышесказанного можно сделать вывод о пригодности использования характеристики I для определения экозащитных процессов, протекающих при наилучшей разности потенциалов.

Принцип наилучшего использования сырья перекликается с химическими показателями процесса и может быть охарактеризован следующими показателями:

1. количеством используемого для осуществления экозащитного процесса сырья (реагентов) - предпочтение следует отдавать тем процессам, для осуществления которых используется минимальное количество сырья;
2. степенью регенерации используемых реагентов, веществ и материалов;
3. использованием в экозащитном процессе или в смежных процессах образующихся побочных продуктов или отходов.

Второй и третий показатели могут быть использованы и как показатели экологичности процесса, поскольку характеризуют возможность организации безотходного промышленного производства.

Принцип наилучшего использования энергии сводится к обеспечению минимального количества затрачиваемого в экозащитном процессе энергии (электрической, тепловой и др.).

Принцип наилучшего использования оборудования характеризуется следующим образом:

1. использованием технологических схем, состоящих из минимального количества единиц оборудования (минимального количества единичных процессов);
2. применением компактных технологических схем и оборудования, занимающих минимальные производственные площади;
3. организацией работы оборудования в непрерывном режиме.

Принцип технологической соразмерности используется в тех случаях, если применение четырех остальных принципов приводит к противоречивым результатам и приходится искать компромиссное решение. Решение данной задачи аналитическим путем весьма сложно и возможно только в частных случаях.

7. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛООТХОДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В целях обеспечения комплексного решения проблемы защиты от загрязнений окружающей среды и повышения технико-экономической эффективности производства необходимо рассматривать современные технологические процессы как открытую систему, а, кроме того, обобщить основные принципы рекуперации сырья, материалов и вторичных энергоресурсов. Существует два принципиально различных пути борьбы с загрязнениями.

Первый путь – очистка вредных выбросов промышленных и сельскохозяйственных предприятий, направляемых в окружающую среду (не позволяет решить проблему кардинально, т.к. в процессе очистки часто один вид загрязнений превращается в другой). Например, замена сухих пылеуловителей влажными повышает степень очистки атмосферного воздуха, но усиливает одновременно загрязнение водных стоков. Однако, этот путь, на сегодняшний день, является наиболее приемлемым для предприятий, имеющих достаточно старое промышленное оборудование и не имеющих возможности полностью его модернизировать. И все-таки этот путь является реальной альтернативой существующей сегодня тенденции штрафных выплат.

Второй путь – более радикальный и, в то же время, более экономичный. Он заключается в разработке таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы. Речь идет о создании безотходных (на первом этапе малоотходных) технологий, которые максимально сэкономили бы исходное сырье, топливо, материалы и обеспечивали бы безопасность окружающей среды (ОС). При этом безотходные технологии используются и в первом, и во втором случаях, хотя и обеспечиваются разными способами.

Технология - наука, изучающая способы и процессы переработки продуктов природы (сырья) в предметы потребления и средства производства (готовую продукцию). Она традиционно делится на *механическую* и *химическую*. В *механической* технологии рассматриваются процессы, в которых изменяется форма или внешний вид

материалов, а в химической – процессы коренного изменения состава, свойств и внутреннего строения вещества.

Термин «*безотходная технология*» впервые был предложен академиками Н.Н. Семеновым и И.В. Петряновым-Соколовым. В настоящее время принята такая формулировка понятия **безотходная технология (БОТ)**: *безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы обеспечить, в рамках человеческих потребностей, наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и обеспечить защиту ОС.*

8. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Понятия безотходного и малоотходного производства тесно связаны с загрязнением окружающей среды. **Безотходное производство (технология)** – *представляет собой такой способ производства продукции, при котором все сырье и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы, а любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования*. Таким образом, теория безотходных технологических процессов базируется на двух основных предпосылках:

- *исходные природные ресурсы должны добываться один раз для всех возможных, а не каждый раз для отдельных продуктов;*

- *создаваемые продукты должны иметь такую форму, которая позволила бы после использования по прямому назначению относительно легко превращать их в исходные элементы нового производства.*

Однако, такая схема практически неосуществима. Каждый этап технологии по принципу «сырье - готовый продукт – сырье» требует дополнительных затрат энергии, а ее производство (на современном этапе) связано с потреблением природных ресурсов вне замкнутой системы. Вторым принципиальным препятствием к созданию замкнутого цикла является износ материалов. Таким образом, признавая прогрессивность «безотходной технологии», следует учитывать ее ограниченность. Она позволяет сократить загрязнение ОС, но не исключает его полностью.

Представить себе абсолютно безотходное производство невозможно, поэтому в качестве промежуточного этапа рассматривается малоотходное производство, под которым понимается такой способ производства, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами. При этом часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение. Рассматривая концепцию безотходного производства, необходимо выделить три основных положения.

1. Безотходное производство – это замкнутая система, организованная по аналогии с природными экологическими системами. Его основу должен составлять сознательно организованный человеком круговорот сырья, продукции и отходов.

2. При организации производства обязательно включение в него всех компонентов сырья и максимально возможное использование энергии (ограниченное

вторым законом термодинамики). Таким образом, экологически чистые производства нужно называть малоотходными и ресурсосберегающими.

3. Малоотходное производство обеспечивает сохранение нормального функционирования окружающей среды и сложившегося экологического равновесия. Критерии качества окружающей среды в настоящее время – предельно допустимые концентрации (ПДК) и рассчитанные на их основе предельно-допустимые выбросы (ПДВ) и предельно-допустимые сбросы (ПДС).

Если рассмотреть более детально эти концептуальные положения теории безотходных производств, то можно выделить ряд взаимосвязанных принципов, необходимых для их разработки и внедрения.

1. **Принцип системности**, в соответствии с ним каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент динамической системы – ТПК в регионе и эколого-экономической системы в целом. Таким образом, принцип системности должен учитывать существующую взаимосвязь производственных, социальных и природных процессов.

2. **Принцип комплексного использования ресурсов**, требует максимального использования всех компонентов сырья, сопутствующих элементов, максимально возможной замены первичных сырьевых и энергетических ресурсов на вторичные.

3. **Принцип цикличности материальных потоков** (замкнутые водо- и газооборотные циклы), должен привести к формированию в отдельных регионах и во всей техносфере сознательно организованного и регулируемого техногенного круговорота вещества и связанных с ним превращений энергии.

4. **Принцип ограничения воздействия производства на окружающую природную и социальную среду** (атмосферный воздух, воду, поверхность земли, рекреационные ресурсы и здоровье населения) в первую очередь связан с планомерным и целенаправленным ростом объемов производства и его экологического совершенства.

5. **Принцип рациональности организации производства** предполагает оптимизацию производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам. Основным путем достижения этой цели являются разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и производств.

9. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БЕЗОТХОДНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ И АППАРАТАМ

Для совершенствования существующих производств и разработки принципиально новых технологических процессов (ТП) необходимо соблюдение ряда общих требований:

- минимизация числа технологических единиц (стадий и аппаратов) производственного процесса с целью уменьшения отходов и потерь сырья на промежуточных стадиях процесса;

- применение непрерывных схем процессов и технологий (замкнутых технологических циклов);

- комплексность использования всех компонентов сырья и энергетических ресурсов;
- увеличение единичной мощности агрегатов;
- максимальное использование вторичного сырья и замена первичного сырья на вторичное;
- интенсификация производственных процессов, их автоматизация и оптимизация;
- использование энерготехнологических процессов (использование энергии химических превращений):
- разработка и внедрение высокоэффективных методов очистки, принципиально новых аппаратов, совмещающих в себе ряд процессов;
- оптимизация их размеров и производительности;
- использование новых конструктивных материалов, позволяющих увеличить долговечность аппаратов.

10. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СЫРЬЮ, МАТЕРИАЛАМ И ЭНЕРГОРЕСУРСАМ

При организации безотходного или малоотходного производства необходимо полноценное использование сырья и энергоресурсов, поэтому к ним также предъявляются определенные требования:

- адекватность качества сырья и материалов уровню технологического процесса;
- предварительное обезвреживание сырья и топлива;
- замена высокотоксичных веществ (например тяжелых металлов) менее токсичными;
- замена традиционных видов сырья и энергоресурсов на нетрадиционные.

Рассмотрим подробнее эти виды экологически чистых видов энергии.

1. Использование энергии атома. Существует три возможности получения атомной энергии: деление ядер, использовании реакций, при которых ядра одного делящегося вещества превращаются в ядра другого делящегося вещества; синтез легких ядер.

В качестве делящегося вещества используются обычно изотопы урана ${}_{92}\text{U}^{233}$, ${}_{92}\text{U}^{235}$, ${}_{92}\text{U}^{238}$ и изотопы тория ${}_{90}\text{Th}^{232}$, а также изотопы плутония ${}_{94}\text{Pu}^{239}$, ${}_{94}\text{Pu}^{240}$, ${}_{94}\text{Pu}^{241}$. Но применение процессов деления не решает долговременных энергетических проблем, так как при этом используются только малая часть радиоактивного оксида урана, а его запасы не так уж и велики.

Вторая возможность получения атомной энергии основана на использовании реакций, при которых ядра одного делящегося вещества превращаются в ядра другого делящегося вещества. В этих реакциях количество воспроизводимого делящегося изотопа превышает количество первоначального изотопа. В бридерных реакторах (вторая возможность) воспроизводимое и первоначальное вещества представляют собой изотопы одного и того же химического элемента: "сжигается" U^{235} , воспроизводится U^{233} ; и др.

Третий путь использования энергии атома – это синтез легких ядер. Эти реакции эффективно протекают при сверхвысоких температурах ($\sim 10^7 - 10^9$ K) и продолжают самопроизвольно за счет значительного выделения в

них энергии. Такие реакции называются термоядерными. Основная проблема – это трудность реализации этой идеи, связанная с тем, что процесс синтеза не удается стабилизировать в связи с огромными температурами реакции.

Важно отметить, что атомная энергия считается "чистой" энергией, но в связи с проблемой захоронения ядерных отходов атомная энергия не может считаться экологически "чистой", за исключением, по-видимому, только реакции синтеза.

Следующие виды "чистой" энергии могут считаться экологически "чистыми", так как при их производстве практически не причиняется ущерба окружающей среде: энергия Солнца, энергии системы океан – Солнце, энергии ветра, или системы Солнце – гравитация, энергии приливов и отливов -гравитационной энергии.

2. Солнечная энергия. На Землю поступает от солнца примерно $1,7 \cdot 10^{17}$ Вт солнечной энергии. Если использовать около 1% поверхности Земли для улавливания этой энергии с помощью коллекторов излучения, то можно будет собрать $\sim 10^{14}$ Вт энергии. Собираемой энергии вполне хватило бы для всего населения Земли. Этот расчет служит только некоторой оценкой, поскольку многие существующие коллекторы солнечного излучения имеют эффективность преобразования ниже 10%. С другой стороны, продолжительность светового дня ограничена, солнечное излучение не всегда падает перпендикулярно поверхности Земли, солнце может быть затенено облаками, пылью и т.д. Учет всех этих факторов, естественно, повышает размеры площади поверхности Земли, используемой для улавливания солнечной энергии примерно в три раза. Кроме того, стоимость производства электроэнергии с помощью солнечных батарей превосходит стоимость производства электроэнергии на ТЭС, работающих на ископаемом топливе.

3. Энергия ветра. Заключенная в ветре механическая энергия может быть использована ветроэлектрическими станциями с КПД около 40% для выработки электроэнергии и приведения в действие различных бытовых механизмов (водяных насосов, мукомольных мельниц и др.), а также для освещения помещений. Установлено, что технически надежными и рентабельными в районах с постоянными ветрами являются электростанции мощностью от 50 до 100 кВт с высотой башни 15 – 25 м. По расчетам, большинство европейских стран, имеющих большую протяженность береговой линии, могли бы покрывать всю потребность в электроэнергии за счет ветровой энергии. Хотя ветер, как источник энергии, имеет непостоянный характер, однако это вполне надежный источник, если суммировать его действие в течение года, поскольку "роза ветров" (или средняя повторяемость всех направлений ветра за год) достаточно стабильна для любого места в мире.

4. Энергия приливов-отливов. Приливные электростанции (гидроэлектрические станции) используют гравитационную энергию в виде энергии приливов и отливов, возникающих под действием сил притяжения Луны и Солнца и вращательного движения Земли. С этой целью весь морской залив отделяется от моря плотиной. Устремляющаяся в залив и из него вода приводит в движение турбины, которые вырабатывают электроэнергию. Сегодня единственная на Земле действующая приливная электростанция находится в устье реки Ранс в Бретани (запад Франции, полуостров).

Все рассмотренные чистые источники электроэнергии являются возобновимыми источниками энергии, то есть постоянно возобновляются за счет естественных поставщиков энергии, прежде всего Солнца, и поэтому неисчерпаемы.

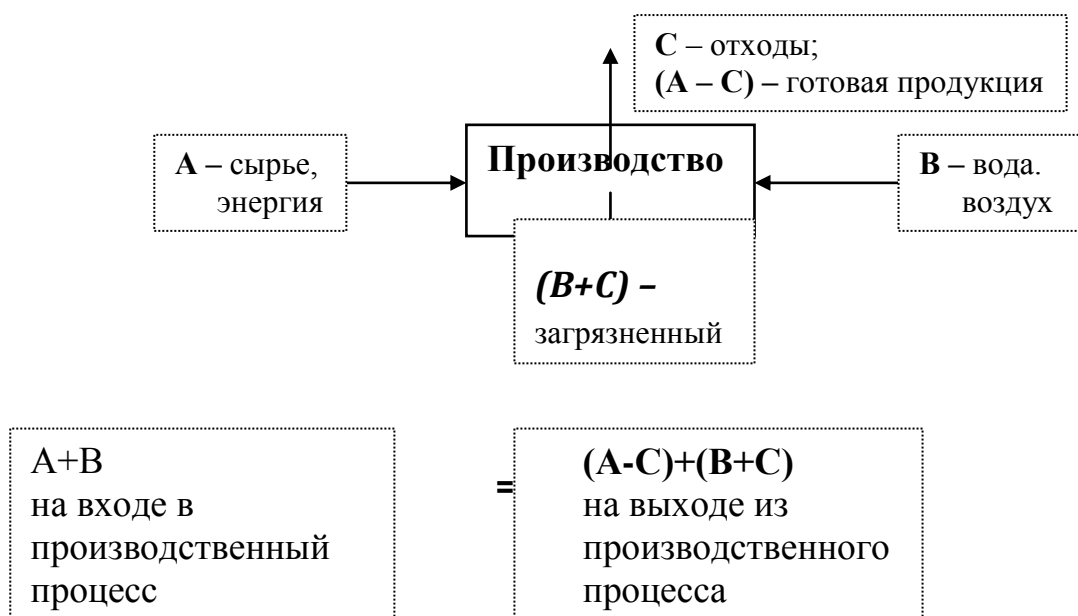
11. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

В соответствии с теорией безотходных производств и второй предпосылкой, касающейся изготовления готовой продукции, «..создаваемые продукты должны иметь такую форму, которая позволила бы после использования по прямому назначению относительно легко превращать их в исходные элементы нового производства». Однако этот принцип является скорее теоретическим и идеальным. Поэтому можно сформулировать следующие требования, которые предъявляются к готовой продукции (в том числе к упаковочным материалам и таре) при организации малоотходного производства:

- безвредность;
- длительность использования;
- обеспечение возможности рециклизации после физического или морального износа;
- быстрая биоразлагаемость при попадании в окружающую среду;
- удобство эксплуатации.

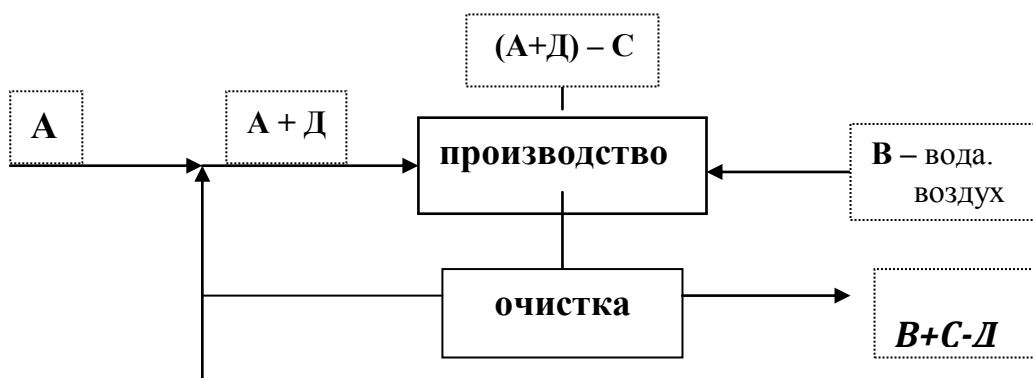
12. СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

12.1 Схема незамкнутого процесса



Чем больше **С**, тем больший вред наносится окружающей среде, тем менее эффективно работает производство.

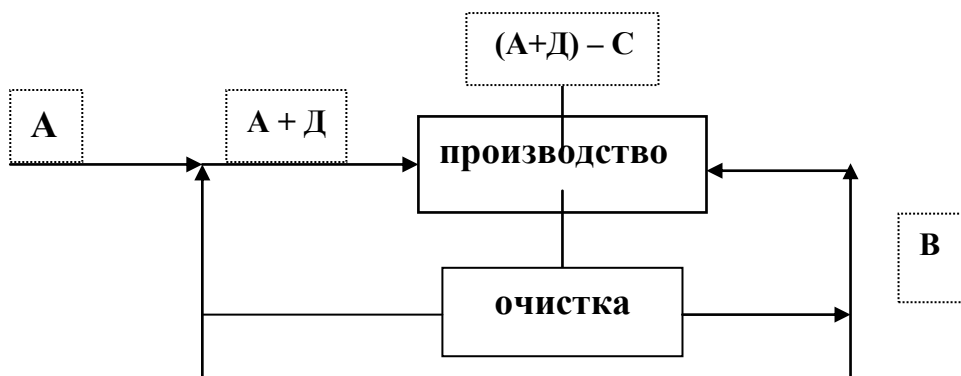
12.2 Схема незамкнутого процесса с очисткой отходов до ПДК (предельно допустимых концентраций)



D – часть отходов C , выделенных из потока, прошедших очистку и являющихся вторичным сырьем, входящим в общий поток A ;

$(A+D)-C$ – готовая продукция; $C-D$ – количество загрязнений, поступающих с потоком B в ОС.

12.3 Схема замкнутого процесса с полной очисткой отходов



В этом случае уравнение материально-энергетических потоков имеет следующий вид: $(A+D)+B=[(A+D)-C]+(B+C)$ (производство)

$(B+C)=B+D$ (очистка)

В идеальном варианте безотходное производство предполагает полную очистку потока $(B+C)$ от загрязнений C , т.е. при этом $D=C$ (но смысл D и C –различный) и цикл замыкается по потоку B .

13. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ВОДНЫХ ПОТОКОВ И СОЗДАНИЕ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Главное условие экологизации производства – *рециркуляция*, за счет которой увеличивается количество возвращенной в цикл воды и сокращается потребление потока B (воды и воздуха). Рассмотрим подробнее реализацию принципа цикличности материальных потоков на примере организации замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий. Различают прямоточную и оборотную схемы водоснабжения. Эти схемы представлены на рис. 3 (а,в)

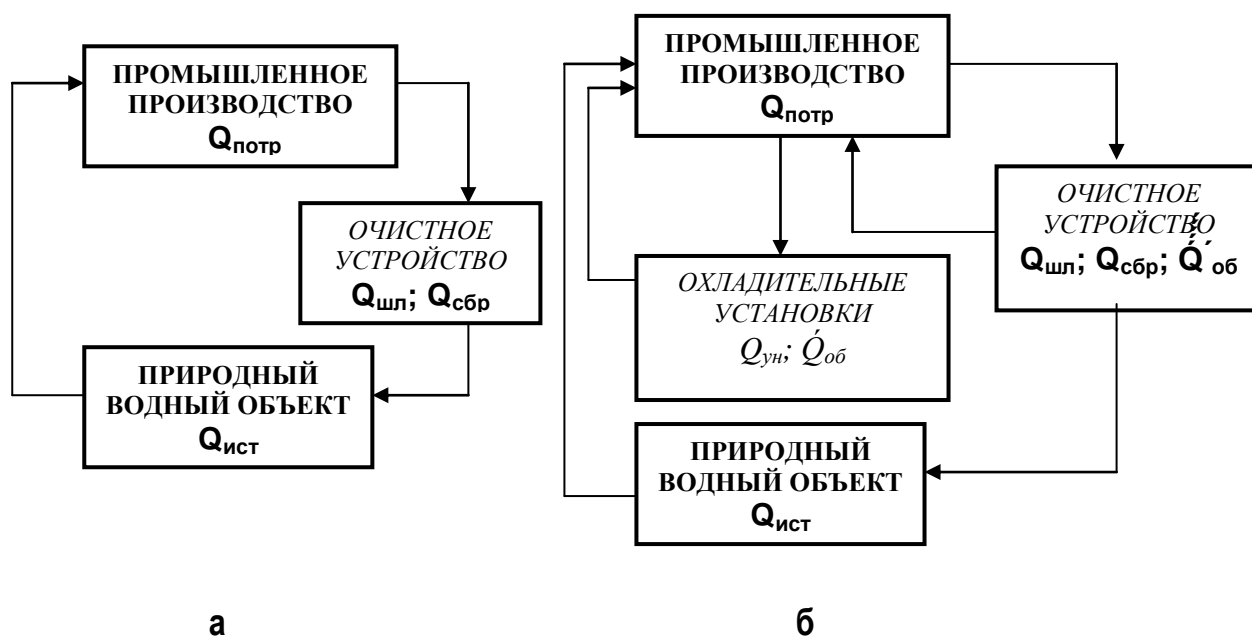


Рис. 3 Схемы водообеспечения промышленных предприятий:
 а – прямоточная; б – оборотная.

Обозначения, используемые на рисунке:

- $Q_{ист.}$ – вода, подаваемая из источника на производственные нужды;
- $Q_{потр.}$ – вода, безвозвратно потребляемая на предприятии;
- $Q_{ун.}$ – вода, теряемая на испарение и унос из охлаждающих установок;
- $Q_{шл.}$ – вода, удаляемая со шламом;
- $Q'_{об.}$ – оборотная вода после прохождения охлаждающих установок;
- $Q''_{об.}$ – оборотная вода после очистных сооружений.;
- $Q_{сбр.}$ – вода, сбрасываемая в водоем.

Если на предприятии используется вода прямоточного водоснабжения, то вся вода забираемая из водоема ($Q_{ист.}$) после использования в различных технологических процессах возвращается в водоем, за исключением того количества воды ($Q_{потр.}$), которое безвозвратно расходуется в производстве (за счет разбрызгивания, испарения и т.д.) и удаляется вместе со шламом ($Q_{шл.}$).

При оборотном водоснабжении в производстве используются сточные воды после их очистки. Свежая вода забирается из водоемов лишь для компенсации безвозвратно теряемой воды.

Поскольку в зависимости от профиля предприятия на нем может образовываться до 10 различных видов сточных вод, выбор системы водоотведения имеет большое значение. Системы водоотведения промышленных предприятий делятся на общесплавные и отдельные. Схема общесплавной системы приведена на рис. 4.

Общесплавную систему водоотведения обычно применяют на небольших промышленных предприятиях с малым расходом воды в том случае, если состав производственных сточных вод близок по составу к бытовым стокам и если существует возможность попадания в дождевые воды загрязнений, характерных для производственных сточных вод. При использовании общесплавной системы

водоотведения производственные сточные воды, а также бытовые и атмосферные стоки отводятся на единые очистные сооружения.

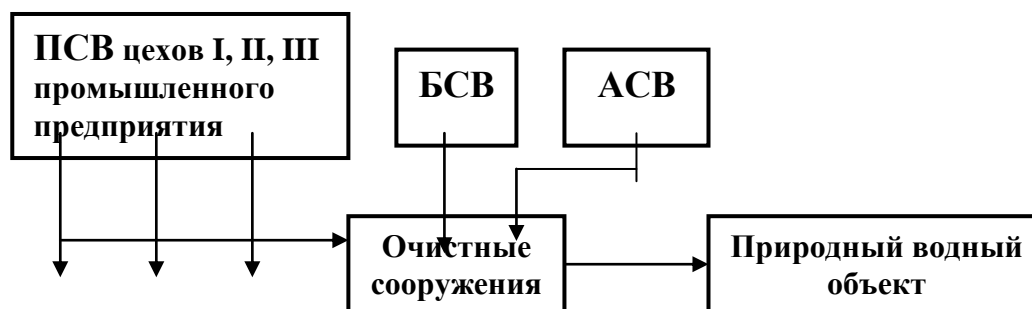


Рис. 4 Общесплавная система водоотведения промышленного предприятия

Существуют различные типы отдельных систем отведения:

- с локальными очистными сооружениями;
- с частичным оборотом производственных вод;
- с полным оборотом производственных и бытовых стоков;
- с полным оборотом всех сточных вод.

Применение системы с локальными очистными устройствами целесообразно, если в сточных водах некоторых цехов или участков содержатся специфические загрязнения (например, тяжелые металлы). Раздельную систему с частичным водооборотом (ПСВ) применяют в том случае, если существует возможность повторного использования некоторых ПСВ после частичной очистки или охлаждения для водоснабжения конкретных цехов или участков предприятия.

*Раздельная система водоотведения с полным оборотом всех сточных вод называется **бессточной системой водопользования** или **замкнутой системой водного хозяйства** промышленного предприятия. Ее целесообразно применять при большом расходе ПСВ и небольшом расходе воды из источника.*

В зависимости от конкретных условий на предприятии возможно создание нескольких систем очистки с вариантами объединения различных видов стоков, а также создание нескольких оборотных централизованных систем. Примеры различной организации раздельной системы водоотведения с использованием локальных очистных систем приведены на рис. 5 (а,б).

На рисунке (а) приведена схема организации экозащитного процесса с использованием локальных очистных установок для очистки разделенных стоков (стоков ванн промывки и стоков гальванических ванн). Такая схема обеспечивает возможность возврата в технологический цикл реагентов хромирования и многократное использование технологической воды.

На рисунке (б) приведена схема локальной очистки усредненных стоков ванн промывки и гальванических ванн.

В обоих случаях приведенные схемы процессов являются малоотходными, так как и вода, и реагенты (в виде солей или чистых металлов) возвращаются в технологический цикл на данном производстве или могут использоваться в металлургии. Однако, выбор технологической схемы зависит от конкретных условий, экономической

рентабельности и может быть произведен после анализа всех химико-технологических и экологических факторов.

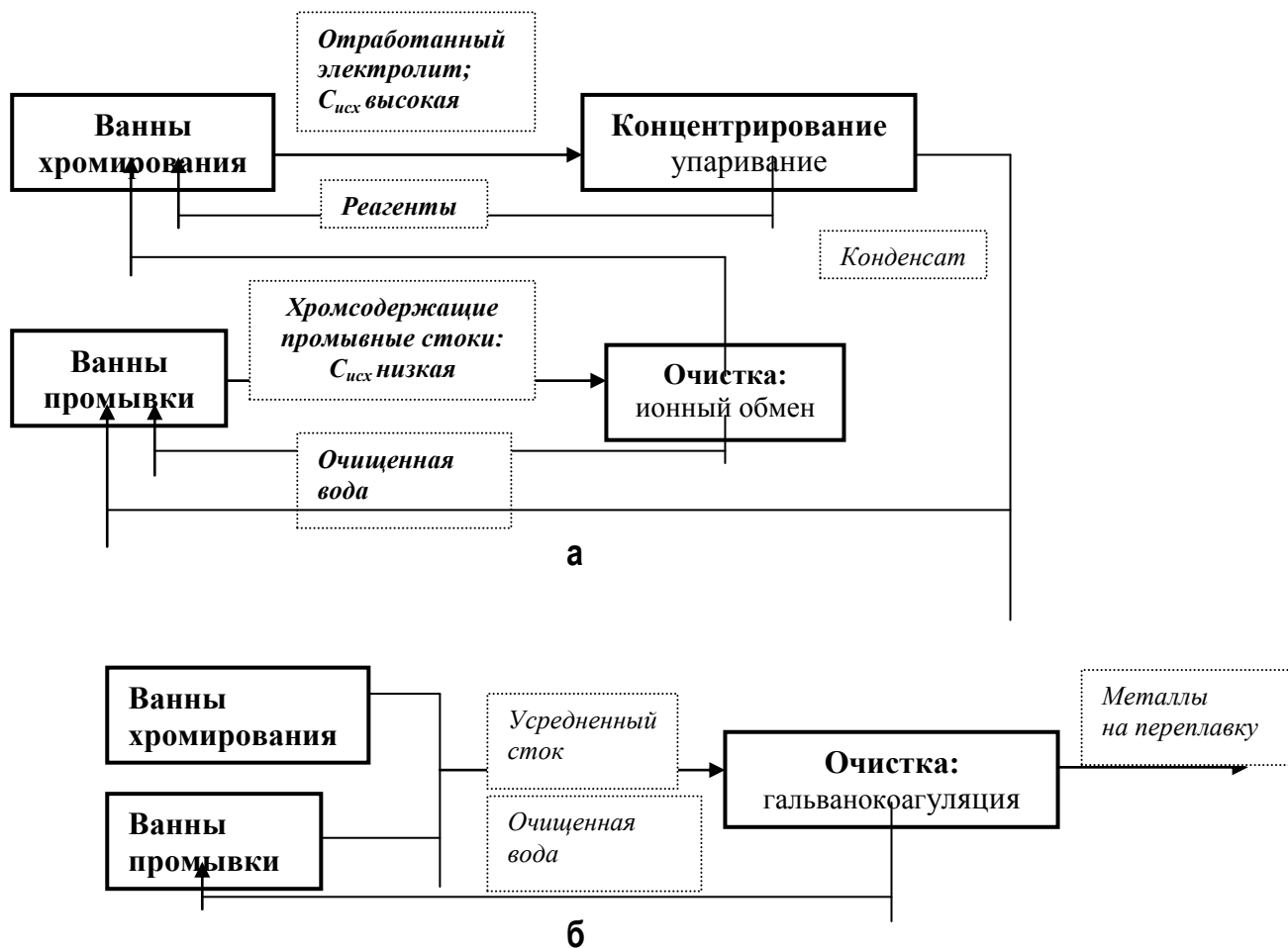


Рис. 5 (а,б) Схемы организации технологического процесса с использованием локальных очистных установок

Эффективность использования воды в производстве оценивается рядом показателей:

- Процент оборота воды: $P_{об} = Q_{об} / (Q_{об} + Q_{и})$
- Коэффициент использования воды: $K_{и} = (Q_{и} - Q_{сб}) / Q_{и}$; $K_{и} \leq 1$
- Кратность использования воды: $n = (Q_{сб} + Q_{и} + Q_{с}) / (Q_{и} + Q_{с})$; $n > 1$
- Безвозвратное потребление воды и ее потери в производстве (в %):

$$K_{п} = (Q_{и} - Q_{сб}) / (Q_{об} + Q_{и}) \times 100,$$

где $Q_{об}$ – количество оборотной воды; $Q_{и}$ – количество воды, забираемой из источника водоснабжения; $Q_{сб}$ – количество воды, сбрасываемое предприятием; $Q_{с}$ – поступление воды из сырья. Все объемные расходы даны в м³/ч.

Основные требования, предъявляемые к созданию замкнутых систем водоснабжения, можно сформулировать следующим образом:

- водоснабжение, канализация и очистка сточных вод рассматриваются как единая система водного хозяйства предприятия или региона;

- основу технического водоснабжения создает многократное использование воды, прежде всего, без очистки, а затем частично очищенной до качества, определенного условиями использования;

- очистка сточных вод должна, в первую очередь, ориентироваться на регенерацию локальных потоков отработанных технологических растворов и воды;

- методы очистки должны обеспечивать одновременное извлечение и утилизацию ценных компонентов (очистка в этом случае рассматривается не как вспомогательная, а как основная операция производства продукта).

Оборотная вода должна соответствовать определенным значениям показателей: карбонатной жесткости, pH, содержанию взвешенных веществ и биогенных элементов, значению **ХПК (химическая потребность в кислороде)** и др. Качество воды, используемой для технологических процессов, должно быть выше, чем воды, находящейся в оборотных системах. Качество воды, используемой в производстве, устанавливается в каждом случае в зависимости от ее назначения и требований технологического процесса с учетом состава используемого сырья, применяемого оборудования и особенностей готового продукта производства.

Оценка систем водного хозяйства предприятия производится путем сравнения некоторых показателей, таких как: удельный расход воды на единицу продукции, удельный расход реагентов, абсолютное количество товарного продукта, себестоимость, рентабельность и т.д. Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке различными методами, которые будут рассмотрены далее.

14. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Анализ факторов и масштабов антропогенного воздействия на окружающую среду позволяет сделать вывод о необычайно сложном его характере, что создает трудности при изучении экологического состояния тех или иных регионов. Методология расположения техногенных источников по интенсивности и химическому составу базируется на синтезе трех основных концепций, используемых в мировой практике.

Первая концепция – **концепция воздушной среды**, как главного фактора создания экологической ситуации в промышленном регионе. Состояние атмосферного воздуха является одним из основных показателей качества окружающей среды, поэтому особое внимание следует уделить расчету рассеивания и количеству выбросов в атмосферу, изучению состава атмосферных выпадений.

Вторая концепция – **концепция водооборота промышленного региона**, как фактура его жизнеобеспечения. Здесь главное значение имеют ресурсы и количество бытовых и хозяйственных вод, проблемы полноты очистки и сброса сточных вод.

Третья концепция – **концепция депонирующих сред**. Цель этой концепции – выявление зон воздействия всех видов загрязнений в промышленных агломерациях. Анализ миграции загрязняющих веществ в окружающей среде и динамики всех происходящих при этом процессов очень затруднителен.

Роль и место каждой из концепций меняются в зависимости от промышленной специализации регионов, длительности техногенного воздействия, природных факторов загрязнения и самоочищения среды.

Экологические блоки любого промышленного региона делят на три группы:

источники выбросов – промышленность, энергетика, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство региона;

транзитные среды - среды, непосредственно принимающие те или иные виды загрязнений, в которых происходят транспортировка и частичная трансформация загрязняющих веществ; к ним относятся воздушная среда, атмосферные выпадения, поверхностные, подземные и грунтовые воды, почвенный покров;

депонирующие среды – среды, в которых накапливаются и преобразуются загрязняющие вещества (донные отложения, почвы, растения, животные, микроорганизмы, население региона).

14.1 Источники и виды загрязнений гидросферы

Вода - ценнейший природный ресурс. Объем потребляемой в мире воды достигает 4 трлн. куб.м в год, а преобразованиям со стороны человека подвергается практически вся гидросфера. Так, например, при получении ядерной энергии, в США вовлекается в использование почти половина всех водных ресурсов страны. За время существования человечества в природную среду было введено около миллиона новых веществ (всего известно свыше 6 млн. химических соединений).

Основными источниками загрязнения окружающей среды в разных странах являются черная и цветная металлургия, химическая, нефтехимическая, лесная и деревообрабатывающая промышленность, жилищно-коммунальное и сельское хозяйство, теплоэнергетика и транспорт. Вредные химические вещества попадают в водоемы, ухудшая их санитарное состояние и вызывая необходимость специальной глубокой очистки воды перед использованием ее для хозяйственно-питьевых и некоторых промышленных целей.

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые делают воду данных водоемов опасной для использования, нанося ущерб народному хозяйству, здоровью и безопасности населения.

Различают **природную, сточную и денатурированную** воду.

Природная вода – это вода, которая качественно и количественно формируется под влиянием естественных процессов, при отсутствии антропогенного воздействия и качественные показатели которой находятся на естественном среднемноголетнем уровне.

Сточная вода – это вода, бывшая в бытовом, производственном или сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшая через какую-либо загрязненную территорию, в том числе населенного пункта.

Природная вода, подвергаемая антропогенному загрязнению, например, путем смешения со сточной водой, называется **денатурированной** или **природно-антропогенной**.

Основными источниками загрязнения и засорения водоемов, помимо промышленных предприятий, также являются недостаточно очищенные сточные воды коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов, отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников, обработке и

сплаве лесоматериалов; сбросы водного и железнодорожного транспорта; отходы первичной обработки льна, пестициды и т.д.

Вследствие антропогенного воздействия природная вода загрязняется различными веществами, что приводит к ухудшению ее качества. К таким показателям можно отнести:

1. Снижение pH пресных вод в результате загрязнения серной и азотной кислотами из атмосферы и увеличение в них сульфатов и нитратов.
2. Повышение жесткости воды, т.е. содержания ионов кальция, магния, кремния вследствие вымывания и растворения подкисленными дождевыми водами карбонатных и других горных пород.
3. Повышение содержания в природных водах ионов тяжелых металлов.
4. Повышение содержания солей в поверхностных и подземных водах в результате поступления со сточными и атмосферными водами, за счет смыва твердых отходов (из 1000 т городских отходов в грунтовые воды попадает до 8 т растворимых солей)
5. Повышение содержания органических веществ, прежде всего биологически стойких (ПАВ, пестициды, продукты их распада)
6. Снижение содержания кислорода в результате повышения его расхода на окислительные процессы.
7. Снижение прозрачности воды в водоемах и размножение вирусов, бактерий.
8. Опасность загрязнения вод радиоактивными изотопами химических элементов.

Загрязнение поверхностных и подземных вод можно распределить на следующие типы:

механическое - повышение содержания механических примесей, свойственное в основном поверхностным водам;

химическое - наличие в воде органических и неорганических веществ токсического и нетоксического действия. Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. Это соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора. Большинство из них попадает в воду в результате человеческой деятельности. Тяжелые металлы поглощаются фитопланктоном, а затем передаются по пищевой цепи более высокоорганизованным организмам. К опасным загрязнителям водной среды можно отнести неорганические кислоты и основания, обуславливающие широкий диапазон pH промышленных стоков (2,0 - 11,0) и способных изменять pH водной среды до значений 15,0 или выше 18,0, тогда как рыба в пресной и морской воде может существовать только в интервале pH 5,0 - 8,5. Отходы, содержащие ртуть, свинец, медь обычно локализуются в отдельных районах у берегов, однако некоторая их часть выносится далеко за пределы территориальных вод. Загрязнение ртутью значительно снижает первичную продукцию морских экосистем, подавляя развитие фитопланктона. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях заливов или эстуариях рек. Дальнейшая ее миграция сопровождается накоплением метиловой ртути и ее включением в трофические цепи водных организмов.

Бактериальное и биологическое загрязнение - наличие в воде разнообразных патогенных микроорганизмов, грибов и мелких водорослей. Среди вносимых в океан с суши растворимых веществ, большое значение для обитателей водной среды имеют не только минеральные, биогенные элементы, но и органические остатки. Вынос в океан органического вещества оценивается в 300 - 380 млн.т./год.

Вредное действие оказывают все загрязнения, которые, так или иначе, содействуют снижению содержания кислорода в воде. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) - жиры, масла, смазочные материалы - образуют на поверхности воды пленку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает степень насыщенности воды кислородом. Значительный объем органических веществ, большинство из которых не свойственно природным водам, сбрасывается в реки вместе с промышленными и бытовыми стоками. Нарастающее загрязнение водоемов и водостоков наблюдается во всех промышленных странах. В связи с быстрыми темпами урбанизации и несколько замедленным строительством очистных сооружений или их неудовлетворительной эксплуатацией водные бассейны и почва загрязняются бытовыми отходами. Вода, загрязненная органическими отходами, становится практически непригодной для питья и других надобностей. Бытовые отходы опасны не только тем, что являются источником некоторых болезней человека (брюшной тиф, дизентерия, холера), но и тем, что требуют для своего разложения много кислорода. Если бытовые сточные воды поступают в водоем в очень больших количествах, то содержание растворимого кислорода может понизиться ниже уровня, необходимого для жизни морских и пресноводных организмов.

Радиоактивное загрязнение - присутствие радиоактивных веществ в поверхностных или подземных водах.

Тепловое загрязнение - выпуск в водоемы подогретых вод тепловых и атомных ЭС. Нагретые сточные воды тепловых ЭС и др. производств причиняют "тепловое загрязнение", которое угрожает довольно серьезными последствиями: в нагретой воде меньше кислорода, резко изменяется термический режим, что отрицательно влияет на флору и фауну водоемов, при этом возникают благоприятные условия для массового развития в водохранилищах сине-зеленых водорослей - так называемого "цветения воды".

14.2 Виды сточных вод

Сточные воды, образующиеся на предприятиях, в коммунально-бытовом городском хозяйстве, а также за счет атмосферных осадков можно разделить на три категории:

- бытовые (**БСВ**);
- производственные (**ПСВ**).
- атмосферные или ливневые (**АСВ**) иногда составляют до 30% общего стока.

БСВ (бытовые сточные воды) – образуются в процессе жизнедеятельности человека, имеют сравнительно постоянный состав, содержат около 60% органических веществ, около 40% минеральных веществ, а также весьма разнообразный набор различных микроорганизмов и бактерий, которые в сточной воде адсорбируются на поверхности или внутри суспензий, богатых органическими веществами. Многочисленными исследованиями доказано, что доминирующими типами

микроорганизмов, выделенных из бытовых сточных вод, являются бактерии группы кишечной палочки, сальмонеллы, стафилококки, стрептококки, энтерококки, клостридии, энтеровирусы, способные при определенных условиях интенсивно размножаться и вызывать различные заболевания у человека (эпидемии дизентерии, холеры, а в последнее время – серозного менингита). Поэтому все сточные воды направляются на городские (районные) станции очистки, где подвергаются механической и бактериологической очистке в аэробных (в присутствии кислорода) или анаэробных (в отсутствии кислорода) условиях.

АСВ (атмосферные сточные воды) – образуются в результате стока осадков (а также таяния снега) с определенных территорий непосредственно в водные объекты или в системы канализации. Состав этих вод может быть весьма разнообразен, в них могут присутствовать:

- твердые частицы (песок, камень, стружки, пыль, сажа, остатки растений),
- нефтепродукты,
- удобрения и т.д.

Атмосферные сточные воды трудно подвергать специальной очистке, поэтому можно использовать только предупредительные меры, такие как различные водозаборы или системы естественной фильтрации. Кроме того, АСТ дополняют бытовые стоки и попадают вместе с ними в водоемы.

ПСВ – производственные сточные воды являются предметом особого изучения в данном курсе, поэтому будут подробно рассмотрены далее.

14.3 Классификация промышленных вод по целевому назначению

Воду, используемую в промышленности, подразделяют на охлаждающую, технологическую и энергетическую (рис. 6). В промышленности 65-80% воды расходуется на охлаждение. В этом случае она не соприкасается с материальными потоками и не загрязняется (за исключением теплового загрязнения).

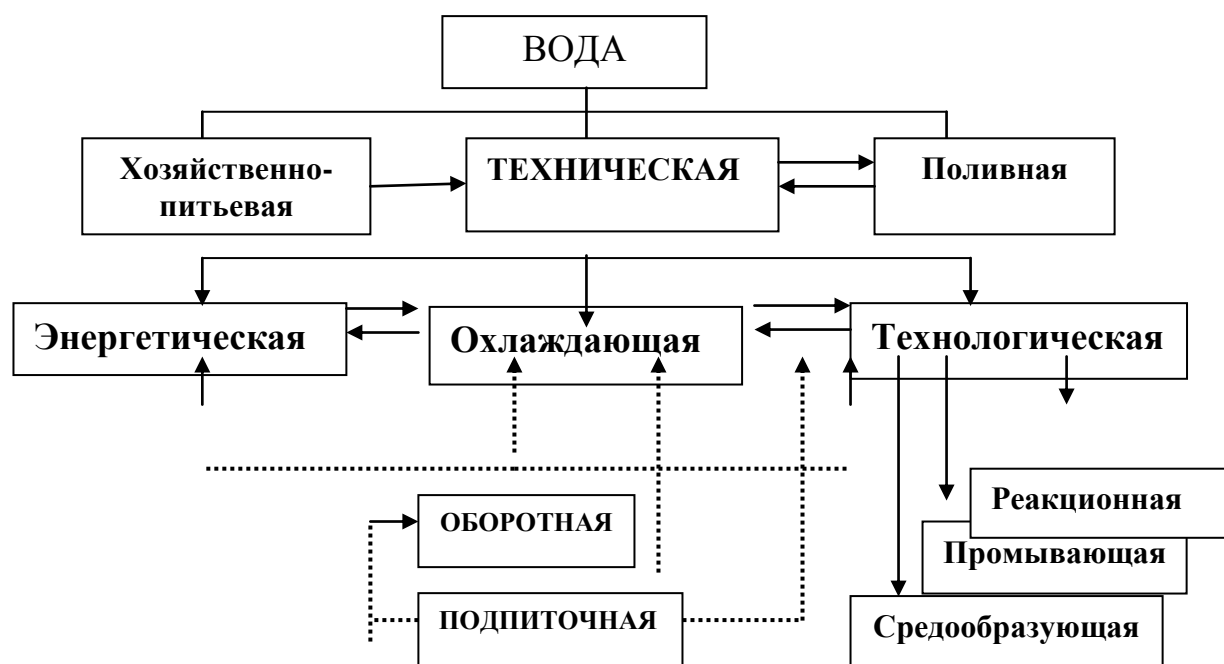


Рис. 6 Классификация вод по целевому назначению

Технологическую воду подразделяют на *средообразующую, промывающую и реакционную*. Технологическая вода непосредственно контактирует с продуктами и изделиями, поэтому подвергается различным видам загрязнения.

Средообразующую воду используют для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, гидротранспорте продуктов и отходов производства.

Промывающую воду – для промывки газообразных (абсорбция), жидких (экстракция) и твердых продуктов и изделий.

Реакционную воду используют в составе реагентов, при азеотропной отгонке и других процессах.

Энергетическая вода потребляется для получения пара и нагревания оборудования, помещений, продуктов. В качестве энергетической может использоваться охлаждающая технологическая вода.

Наиболее перспективный путь уменьшения потребления свежей воды – создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения.

14.4 Виды загрязнений производственных сточных вод

ПСВ (производственные сточные воды) - образуются в результате использования воды в различных технологических процессах. При этом 90% забранной воды возвращается обратно в водоемы с различной степенью загрязнения.

Основные загрязняющие вещества в ПСВ:

- механические взвеси (песок, окалина, металлическая стружка, пыль, флюсы, волокна хлопчатника и т.д.);
- минеральные масла и другие нефтепродукты;
- неорганические кислоты и их соли;
- щелочи;
- поверхностно-активные вещества (ПАВ);
- неорганические соли тяжелых металлов.

Из загрязняющих подземные воды веществ преобладают: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть), сульфаты, хлориды, соединения азота.

Промышленные сточные воды можно разделить на загрязненные и незагрязненные и классифицировать и по происхождению, то есть по отраслям промышленности, характеру технологических процессов, фазово-дисперсному признаку и составу. В таблице 4 приведены отрасли промышленности, сточные воды которых содержат наибольшее количество примесей, опасных для живой природы.

Как видно из таблицы 4, в промышленных сточных водах может содержаться большое количество неорганических и органических соединений.

Особое внимание следует уделить химическим загрязнителям промышленных стоков. К ним относятся:

1. биологически нестойкие органические соединения;
2. малотоксичные неорганические соли;
3. нефтепродукты;
4. биогенные соединения;
5. вещества со специфическими токсическими свойствами, в том числе тяжелые металлы;

6. биологически жесткие (не разлагающиеся) органические синтетические соединения.

Таблица 4

Промышленность	Основные токсичные примеси
Нефтеперерабатывающая	Нафтеновые кислоты, нефтепродукты, фенолы, сульфиды, хлориды, сульфаты, ПАВ, органические взвеси
Коксохимическая	Фенолы, сероводород, смолы, углеводороды, тиоцианиды, аммиак, цианиды, органические взвеси
Целлюлозно-бумажная	Меркаптаны, сульфиды, спирты, альдегиды, кетоны, органические взвеси
Синтетических полимеров и пластмасс	Стирол, акрилонитрил, акрилаты, сульфаты, фенолы, ароматические углеводороды, альдегиды, спирты, циклогексан, органические кислоты, взвеси
Синтетического каучука	Бутилен, бутадиен, ацетон, органические кислоты и их соли, ацетонитрил, аммиак, альдегиды, спирты, углеводороды,
Экстракционной фосфорной кислоты и фосфорных удобрений	Серная, фосфорная, кремнефтористоводородная кислоты, соединения фтора, хлороводород
Хлорная	Ртуть, хлор, хлориды

Для каждого типа химических производств характерен свой состав сточных вод. Например, при нефтепереработке в стоках будут содержаться фенолы и нефтепродукты, но не будет ионов хрома или никеля, а на предприятии, производящем печатные платы – не будет нефтепродуктов и масел.

Рассмотрим некоторые наиболее опасные и распространенные виды химических загрязнителей.

Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк, хром, никель, кобальт, марганец, сурьма, олово, висмут) относятся к числу распространенных, стойких химических загрязнителей кумулятивного действия со специфическими токсическими свойствами. Они широко применяются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистные мероприятия, содержание соединения тяжелых металлов в промышленных сточных водах довольно высокое. Поступая в водную среду, тяжелые металлы вступают во взаимодействие с другими компонентами среды, образуя гидратированные ионы, оксигидраты, ионные пары, комплексные органические и неорганические соединения. Конкретная форма существования металлов зависит от их природы, природы ионов и молекул, конкурирующих за место лиганда, pH, температуры и ионности среды. Многие тяжелые металлы образуют так называемые синергические смеси, которые оказывают на водные организмы токсическое воздействие, значительно превышающее сумму действий отдельных компонентов. Поведение тяжелых металлов в реальных средах сложно и мало исследовано. Большие массы этих соединений поступают в океан через атмосферу. В составе атмосферной пыли содержится около 112 тыс.т. ртути, причем значительная часть - антропогенного происхождения. Потери

кадмия в биосферу составляют 5 тыс. т. в год. Свинец - типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Наконец, свинец активно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека. Миграционный поток свинца с континента в океан идет не только с речными стоками, но и через атмосферу. С континентальной пылью океан получает около 200 тыс. т. свинца в год. Хром попадает в поверхностные и грунтовые воды со сбросами гальванических производств, машиностроительных предприятий, а также заводов хромовых изделий. Обладая значительным удельным весом, хром концентрируется, как правило, в нижней части водоносного пласта, фильтруясь даже сквозь природные глинистые почвы. По некоторым данным, скорость продвижения хрома в потоке составляет около 1 м/сут., а концентрация в снеготалой воде в пробах, отобранных на расстоянии 10 км от источника загрязнения, колеблется в пределах 0,07-1,76 мг/л. Все источники тяжелых металлов могут быть ликвидированы путем организации на предприятиях систем очистки и повторного использования сточных вод.

Нефть и нефтепродукты, к которым также относятся смазочные масла (смазочно-охлаждающие жидкости СОЖ), входящие в состав промышленных стоков металлургической и машиностроительной промышленности, на современном этапе являются основными химическими загрязнителями внутренних водоемов, вод и морей, Мирового океана. Общая масса нефтепродуктов, попадающая ежегодно в моря и океаны, оценивается, по данным американских ученых, в 6,1 млн. т. Попадая в водоемы, они создают разные формы загрязнения: плавающую на воде нефтяную пленку, которая взаимодействует с естественной поверхностной пленкой, увеличивая ее толщину и образуя квазиравновесную систему; растворенные или эмульгированные в воде нефтепродукты; осевшие на дно тяжелые фракции и т.д. При этом изменяется запах, вкус, окраска, поверхностное натяжение, вязкость воды, уменьшается количество кислорода, появляются вредные органические вещества, вода приобретает токсические свойства и представляет угрозу не только для человека. Степень воздействия нефтепродуктов на водную среду определяется, прежде всего, их составом. В высокомолекулярных фракциях нефти содержится до 5% серы, 1% азота и кислорода, а также различные комплексообразующие металлы.

На предприятиях металлургической и машиностроительной промышленности одной из основных категорий сточных вод являются маслосодержащие стоки. По концентрации основного загрязнителя (масла) они делятся на малоконцентрированные (образуются при промывке металлических изделий после термической обработки) и концентрированные (отработанные *смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)* + отработанные моющие растворы ПАВ, образующие стойкие эмульсии типа «масло в воде»). Технологические схемы очистки маслосодержащих сточных вод в нашей стране и за рубежом предусматривают:

- смешивание всех видов маслосодержащих сточных вод;
- их отстаивание для удаления грубодисперсных и всплывающих примесей;
- обработку коагулянтами и обезвоживание образующихся осадков.

Основное количество концентрированных маслоэмульсионных сточных вод, образующихся в процессе металлообработки, сбрасывается в виде отработанных СОЖ.

В состав СОЖ входят: эмульсол, сода, вода, эмульгаторы (олеиновая, нафтенная сульфонафтенная кислоты), различные стабилизаторы (этиловый спирт, этиленгликоль, триэтанолламин), а также большое количество присадок – антикоррозионных, бактерицидных, противоизносных, противозадирных.

Мицелла эмульсола, представляющего собой коллоидную систему, имеет следующее строение: ядро мицеллы состоит из мельчайших капелек масла, окруженных анионами органических кислот. Вследствие их избирательной адсорбции, аполярная гидрофобная часть анионов эмульгатора (углеводородный радикал) ориентирована в сторону масляной глобулы, а полярная часть – в сторону дисперсионной среды. Катионы щелочного металла (Na^+), которые в результате диссоциации отделились от остатка (аниона) органической кислоты, образуют плотный диффузный слой противоионов. Таким образом, на поверхности масляных глобул образуется двойной электрический слой.

Вредоносное действие сточных вод этой группы заключается, главным образом, в окислительных процессах, вследствие которых уменьшается содержание в воде кислорода, увеличивается биохимическая потребность в нем, ухудшаются органолептические показатели воды.

Пестициды и минеральные удобрения попадая с полей вместе со струями дождевой и талой воды накапливаются в планктоне, рыбе, и по цепочке питания попадают в организм человека. Доказано, что инсектициды, содержащиеся в воде в виде суспензий растворяются в нефтепродуктах. Это взаимодействие приводит к ослаблению окислительных функций водных растений.

14.5 Современные методы очистки сточных вод от промышленных загрязнений

В естественной среде водоемов происходит процесс самоочищения воды, обусловленный наличием у всех природных экосистем начального защитного потенциала R_0 . Но происходит он только до тех пор, пока скорость потока техногенных нагрузок Ω_t не достигнет величины, характеризующей защитные функции системы, обратной ему по направлению и равной по величине, то есть до наступления момента равновесия. Однако процесс самовосстановления протекает медленно и если равновесие достигнуто, то происходят необратимые изменения. В связи с резким увеличением объемов промышленных и бытовых отходов, попадающих в водную среду, возникает необходимость очищения и утилизации сточных вод.

Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ. Деструктивные методы очистки промышленных стоков предусматривают разрушение вредных примесей или перевод их в нетоксичные продукты, а регенеративные – основаны на извлечении и утилизации примесей. Освобождение сточных вод от загрязнения – сложное, чаще всего, многостадийное производство. В нем, как и в любом другом производстве, имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода). Технологические схемы очистки сточных вод разрабатываются в зависимости от концентрации (количества) загрязнений, размера частиц (фазового состояния в растворе), скорости экозащитных процессов и некоторых других факторов.

Методы очистки при этом подбираются в зависимости от размеров частиц и характера загрязнений. В зависимости от механизма действия, методы очистки сточных вод можно подразделить на *механические, химические, физико-химические, физические и биологические* (табл. 5). Кроме описанных методов, для очистки стоков может применяться термическая обработка, а также возможно захоронение отходов в нефтеносные пласты, карьеры и горные массивы.

Таблица 5 – Методы очистки сточных вод

Механические	Отстаивание; очистка в гидроциклонах; процеживание; центрифугирование; фильтрация; микрофильтрация.
Химические	Окисление (хлорирование, озонирование, парофазное и жидкофазное окисление); восстановление; нейтрализация; реакция осаждения; комплексообразование.
Физико-химические	Коагуляция, флокуляция, флотация, сорбция, ионообмен, экстракция, дистилляция, электрокоагуляция, вымораживание, электродиализ, гиперфильтрация, обратный осмос, ультрафильтрация
Физические	Магнитная обработка; ультразвуковая обработка; электроимпульсная обработка; ионизирующее облучение
Биохимические (аэробные и анаэробные)	Поля фильтрации; биологические пруды; аэротенки; реакторы восходящего потока с активным илом; биофильтры; окислительные каналы

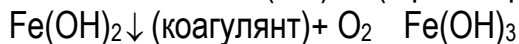
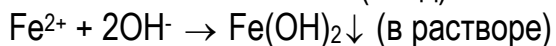
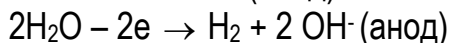
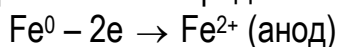
Сущность **механических методов** состоит в том, что из сточных вод удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы, в зависимости от размеров, улавливаются решетками, ситами, песколловками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения – нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75% нерастворимых примесей, а из промышленных – до 95%, многие из которых, как ценное сырье, используются в дальнейшем производстве.

Химические (реагентные) методы, включающие окисление, восстановление, нейтрализацию, наиболее широко используется сегодня на практике. Механизм действия этих методов заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%.

При **физико-химических методах** обработки из сточных вод удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества. Чаще всего из физико-химических методов применяются электрокоагуляция, сорбция, экстракция, ионный обмен, электрофлотация, гальванокоагуляция и др.

Остановимся на механизмах действия наиболее распространенных физико-химических методов.

Электрокоагуляция. При пропускании электрического тока через электролизер с растворимым железным или алюминиевым анодом происходят следующие основные процессы на электродах и в растворе:



Образовавшийся гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ при контакте с кислородом воздуха частично превращается в $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (коагулянт).

Электрокоагулятор в технологической схеме выполняет следующие функции:

- в нем происходит разряд ионов тяжелых металлов с переводом растворимых соединений в нерастворимые;

- на электродах электрокоагулятора происходит разряд анионов с выделением части образующихся продуктов в виде газов.

Рассмотрим принцип действия электрокоагулятора и его принципиальную схему (рис. 7). Обрабатываемая вода направляется в электрокоагулятор через штуцер ввода и поступает в нижний корпус, где расположены нижний электродный блок, перегородка между нижним и верхним электродными блоками и штуцер на перегородке. Поступившая вода проходит первичную электрообработку с образованием пеногазовой смеси на нижнем электродном блоке и поступает на вторичную электрообработку через штуцер на верхний электродный блок, ориентированный перпендикулярно нижнему электродному блоку. Прошедшая вторичную электрообработку на верхнем электродном блоке вода вдоль наклонной плоскости, выполняющей разделительные и потоконаправляющие функции, поступает в верхний корпус, где происходит дегазация жидкости. Образовавшиеся газы и обработанную воду выводят через специальные штуцеры, расположенные в верхнем корпусе.

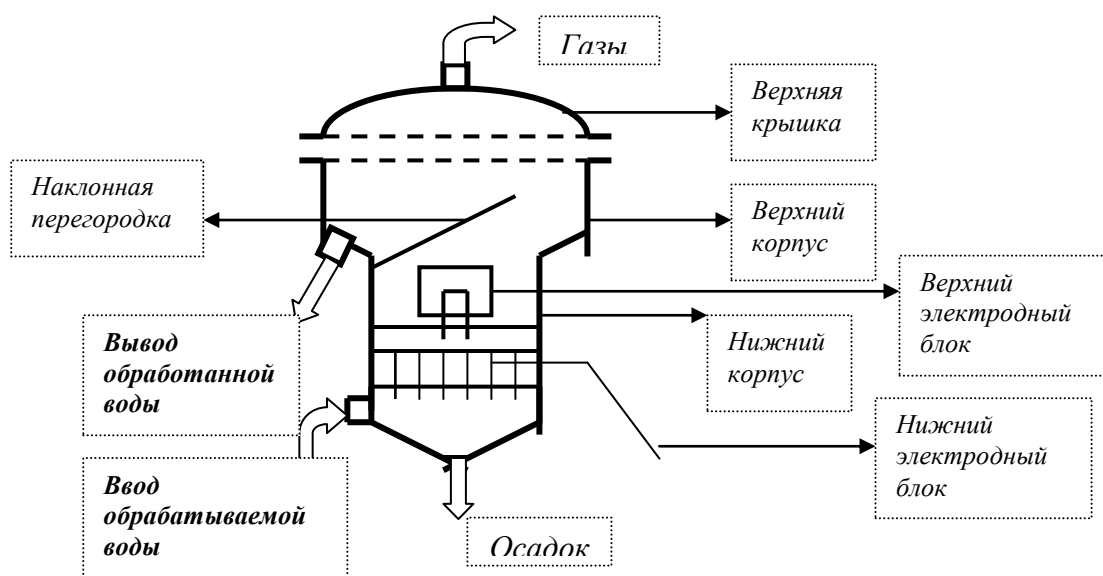


Рис. 7 Принципиальная схема электрокоагулятора.

Электрокоагуляция имеет ряд достоинств: компактность установки, отсутствие необходимости в реагентах – восстановителях и осадителях, простота обслуживания и универсальность. Сдерживающими факторами для ее внедрения являются: значительный расход металла и электроэнергии, увеличение количества твердых отходов, пожаро- и взрывоопасность.

Флотация используется для очистки сточных вод от грубо и мелкодисперсных примесей и сгущения суспензий с тонкодисперсной фазой. Принцип флотационной очистки заключается в образовании комплексов частица-пузырек воздуха, во всплывании пузырьков и удалении образовавшегося слоя пены, насыщенного примесями, с поверхности воды. Мелкодисперсные и коллоидные примеси удаляют с помощью коагулянтов и флокулянтов. Растворенные примеси удаляют обратным осмосом, ультрафильтрацией, электродиализом, ионным обменом, абсорбцией, экстракцией.

Обратный осмос (гиперфильтрация) – это процесс разделения растворов фильтрованием через мембраны, поры которых диаметром около 1 нм пропускают молекулы воды, но непроницаемы (или полупроницаемы) для гидратированных ионов солей или недиссоциированных молекул. Селективность мембран достигает 99% и обеспечивает получение чистой воды, которую можно возвратить в оборотную систему водоснабжения.

Ионный обмен. Во многих случаях для обессоливания воды используют метод ионного обмена. Он также применяется для глубокой доочистки промывных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов и для локальных систем регенерации металлов, он также позволяет в ряде случаев осуществить возврат воды в оборот. Данный способ получил широкое применение за рубежом. Ионообменные материалы (ионообменники, иониты) представляют собой нерастворимые полиэлектролиты, способные вступать в реакции обмена с ионами раствора и обладающие ионной проводимостью. Важнейшим свойством ионитов является их поглотительная способность, так называемая *обменная емкость*. При контакте с водой иониты не растворяются, но, поглощая некоторое количество воды, набухают, являясь гелями с ограниченной набухаемостью. Объем ионита при этом увеличивается в $\approx 1,5$ раза. Селективность обмена зависит от величины давления набухания в порах ионообменной смолы и от размера пор. Ионный обмен сводится к обмену ионами между двумя электролитами – твердым полиэлектролитом (ионитом) и раствором:



Где: R^+ и R^- - неделимые твердые агрегаты (матрица) катионита и анионита соответственно; Na^+ , H^+ , Cl^- , OH^- - обменивающиеся подвижные ионы.

В производственных условиях процессы ионообменной очистки сточных вод проводят на установках периодического и непрерывного действия.

Схемы технологических процессов приведены на рис. 8 (а, б).

Режим работы установки (а) следующий. Сточная вода поступает внутрь аппарата, проходит через слой ионита и выходит через распределитель. Затем подают промывную воду, а затем регенерируют раствор. Таким образом рабочий цикл состоит из следующих стадий:

- ионообмен;
- отмывка ионита от механических примесей чистой водой;
- регенерация ионита;
- отмывка ионита от регенерирующего раствора.

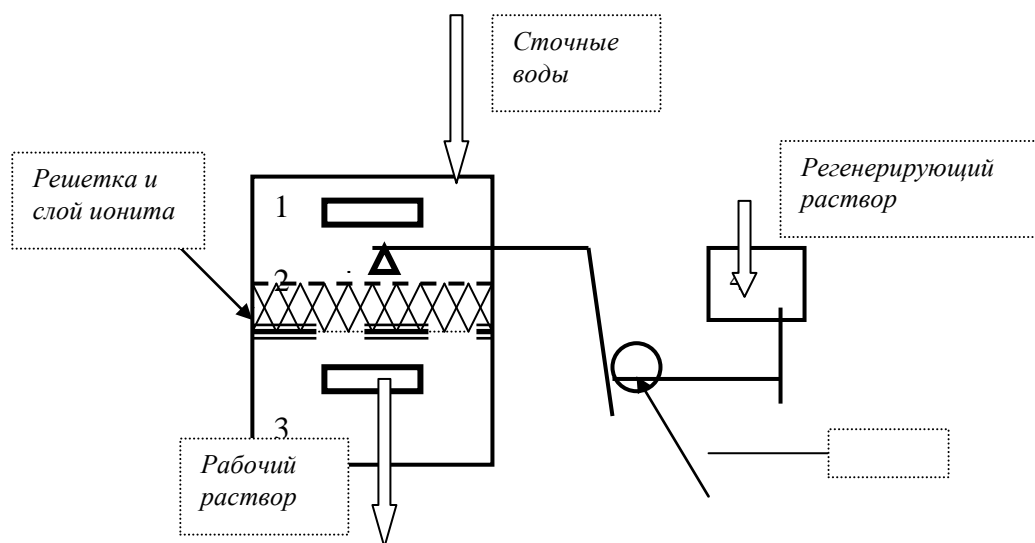


Рис. 8 (а) Схема ионообменной установки периодического действия. 1,2,3 – распределители; 4 – бак с регенерирующим раствором

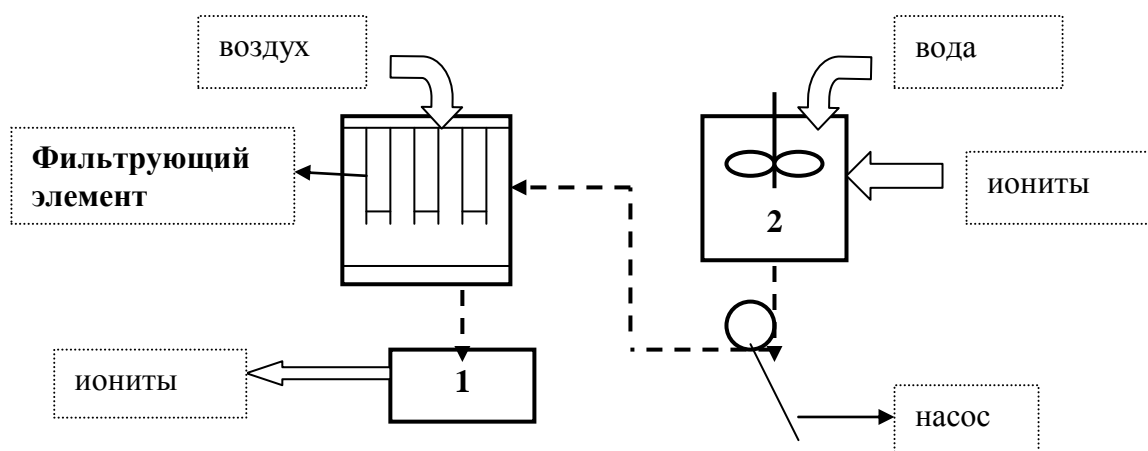


Рис 8 (б) Схема ионообменной установки с намывным фильтром из ионообменного материала. 1- сборник отработанного ионита; 2 – емкость с мешалкой для приготовления суспензии ионита

Схема (б) работает следующим образом. Приготовленную в емкости суспензию ионита в воде насосом направляют на циркуляцию через фильтр до тех пор, пока на фильтрующих элементах не образуется плотный слой ионита толщиной 5-10 мм. После этого подают на очистку сточные воды. Отработанный ионит удаляют из фильтра воздухом на регенерацию. Затем намывают новый слой ионита и цикл повторяют. Схему целесообразно применять при малом содержании солей в сточных водах.

Электродиализ применяют для опреснения воды, т.е для удаления растворимых минеральных солей, кислот, щелочей, а также радиоактивных веществ из сточных вод. Это процесс разделения ионов неорганических соединений, проводимый в многокамерном мембранном аппарате под действием постоянного электрического тока. Под действием постоянного тока катиониты движутся к катоду и проникают через катионитовые мембраны, но задерживаются анионитовыми, а аниониты, двигаясь к аноду проходят анионитовые мембраны, но задерживаются катионитовыми.. В результате из одного ряда камер выводится концентрированный рассол, а из другого обессоленная вода.

Адсорбционный метод – один из наиболее доступных и эффективных методов глубокой очистки (доочистки) сточных вод от растворенных органических веществ. Применяя активные сорбенты, можно полностью очистить воду от органических примесей даже при весьма малых концентрациях, когда другие методы неэффективны. Сорбентами могут служить мелкодисперсные вещества с развитой поверхностью – опилки, зола, торф, глина, коксовая мелочь. Наиболее эффективные сорбенты – активированные угли.

Биохимические методы очистки основаны на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов – биологическом окислении органических и некоторых неорганических веществ в результате деятельности микроорганизмов, использующих примеси сточных вод как питательный субстрат. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры (очистка с помощью фильтрации на поверхности бактериальной пленки), биологические пруды (естественная очистка), аэротенки (очистка с помощью активного ила из бактерий и микроскопических живых организмов в избытке кислорода), биологические (шламовые) пруды и др. Показатели очистки (скорость окисления, эффективность) зависят от температуры, интенсивности перемешивания, концентрации кислорода, содержания токсичных веществ и биогенных элементов (азот и фосфор), степени рециркуляции активного ила. При использовании метода отстаивания в шламовых прудах необходимо обеспечивать хорошую гидроизоляцию дна и стенок пруда, особенно, если он используется для отстаивания токсичных стоков. Подробно механизмы биологической очистки будут рассмотрены в разделе «Методы очистки бытовых сточных вод».

14.6 Требования к составу и свойствам воды

Требования к составу и свойствам воды, приведены в таблице 6.

Косвенными показателями загрязненности сточных вод и водоемов органическими веществами служат *окисляемость*, или *химическое потребление кислорода (ХПК)*, и *биохимическое потребление кислорода (БПК)*.

Под **ХПК** понимают массу кислорода (в мг), необходимую для окисления 1 мг вещества в CO_2 , H_2O или оксид азота. ХПК определяют по стандартной методике, в которой в качестве окислителя используют бихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в присутствии катализатора – сульфата серебра.

Под **БПК** понимают содержание кислорода (в мг/дм^3), израсходованного за определенный промежуток времени на анаэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических веществ, содержащихся в воде. В зависимости от

периода времени, за которое определяют БПК, различают БПК t ($t=5, 10$ сут.) или БПК_{полн.}

Таблица 6

Показатели состава и свойств воды	Критерии по категории водопользования	
	Хозяйственно-бытового назначения	Рыбо-хозяйственного водопользования
Взвешенные вещества	Не более 0,25 мг/л	
Плавающие вещества	На поверхности не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, других примесей	
Запах, привкус, окраска	Запах и привкус интенсивностью не более 2 баллов, окраска не обнаруживается	Вода не должна приобретать посторонние запахи, привкусы и окраску и сообщать их мясу рыбы
Температура	Повышение (летом)– не более 3 ⁰ С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет	Повышение по сравнению с естественной T водоема не более, чем на 5 ⁰ С
Реакция	рН среды не превышает 6,5 –8,5	
Минеральный состав	Количество сухого остатка не более 1000 мг/л	
Растворенный кислород	Не менее 4 мг/л в любой период года	Не менее 6 мг/л в любой период года (летом до 12 часов дня)
Ядовитые вещества	Ниже ПДК	Не превышать концентраций, могущих оказать вредное влияние на организмы и рыб

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет предельно-допустимых выбросов (ПДВ) и анализ полученных результатов.
2. Определение класса токсичности промышленных отходов
3. Расчет экономической эффективности комплекса водоохранных мероприятий на предприятии (по заданию преподавателя).
4. Термодинамическая оценка загрязнения ОС и эффективности применения методов очистки (сравнение трех конкурирующих методов очистки стоков).
5. Оценка техногенного загрязнения ОС с помощью количественных безразмерных критериев.

6. Определение степени очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода.
7. Расчет интенсивности процессов очистки (для трех конкурирующих методов очистки стоков)
8. Проведение стехиометрических расчетов по уравнениям химических реакций (по заданию преподавателя).
9. Расчет соотношения высот катионита и анионита в ионообменной колонне при условии одновременной регенерации ионита.
10. Проведение сравнительного количественного и качественного анализа конкурирующих методов очистки водных стоков от ионов тяжелых металлов.

ТЕМЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РЕФЕРАТОВ (проведение диспутов и «круглых столов»)

1. Концепция перехода Республики Беларусь на модель устойчивого развития.
2. Специальная сессия Генеральной Ассамблеи ООН по окружающей среде и развитию, Нью-Йорк, 1997 г.
3. Гигиеническое нормирование воздействия факторов ОС на здоровье населения. Понятие локальной экологической катастрофы.
4. Реакция экосистем на промышленно-транспортные загрязнения.
5. Одноступенчатая и многоступенчатая системы очистки водных стоков.
6. Физико-химические методы очистки сточных вод.
7. Химические методы очистки сточных вод.
8. Биологические методы очистки сточных вод.
9. Питьевая вода, нормативы химического состава. Способы обеззараживания питьевой воды. Хлорирование. Озонирование.
10. Организация замкнутых систем водооборота на предприятиях.
11. Комплексная система очистки сточных вод. Использование ценных компонентов.
12. Городское зеленое строительство, как биологический способ борьбы с промышленными загрязнениями.
13. Автотранспорт – основной источник загрязнений ОС газообразными выбросами.
14. Твердые бытовые отходы: проблемы сортировки и утилизации.
15. Проблемы охраны ОС в процессе сельско-хозяйственного использования.
16. Нарушение биологического равновесия в результате применения удобрений и ядохимикатов.
17. Переработка и утилизация отходов целлюлозно-бумажной промышленности.
18. Утилизация отходов химической промышленности.
19. Переработка и утилизация отходов пластмасс, легкой и текстильной промышленности.
20. Обеспечение экологической безопасности в химической промышленности.
21. Экстремальные и аварийные ситуации в промышленности.

22. Классификация опасностей. Механизмы опасных воздействий. Шкала опасностей.

23. Критерии социального и экономического развития общества, обеспечивающие устойчивое развитие.

24. Критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения

25. Информационное обеспечение управления природопользованием и охраной ОС.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите важнейшие природные компоненты окружающей среды.
2. Назовите физические компоненты окружающей среды, созданные человеком.
3. Объясните роль человека в структуре окружающей среды, укажите типы связей.
4. Дайте понятия терминам: «атмосфера», «гидросфера», «литосфера».
5. Каким образом могут привести к локальным и глобальным экологическим проблемам:
 - а) «озоновые дыры»,
 - б) изменение концентрации парниковых газов,
 - в) кислотные осадки,
 - г) фотохимический смог,
 - д) тепловые аномалии?
6. Как классифицируются природные ресурсы?
7. Назовите современные направления научно-технического прогресса.
8. Дайте определения понятиям «сырьё», «полупродукт», «побочный продукт», «путный продукт», «отходы производства».
9. Изобразите схему промышленного производства.
10. Перечислите требования к сырью.
11. Изобразите зависимость методов очистки от фазового состояния веществ в растворе.
12. Перечислите важнейшие типовые экозащитные процессы.
13. Назовите химические особенности экозащитных процессов.
14. назовите технологические особенности экозащитных процессов.
15. Как рассчитать скорость процесса?
16. Что называется интенсивностью процесса?
17. Перечислите основные принципы экозащитных процессов.
18. Охарактеризуйте два основных пути борьбы с загрязнениями.
19. Дайте определение понятию «безотходная технология».
20. Что такое «концепция безотходного производства»?
21. Назовите основные принципы, необходимые для разработки и внедрения безотходных технологий.
22. Назовите требования к безотходным процессам и аппаратам.
23. Назовите и охарактеризуйте экологически чистые виды энергии.

24. Перечислите требования к экологичной продукции.
25. Охарактеризуйте оборотную систему водоснабжения промышленного предприятия.
26. Какими показателями оценивается эффективность использования воды в производстве?
27. Назовите три концепции экологического анализа.
28. Назовите источники загрязнений гидросферы.
29. Назовите виды загрязнений гидросферы.
30. Что Вы понимаете под сточной водой?
31. Назовите виды сточных вод.
32. Как классифицируются промышленные воды?
33. Назовите виды производственных загрязнений сточных вод.
34. Как классифицируются современные методы очистки сточных вод?
35. Охарактеризуйте механические и химические методы очистки сточных вод.
36. Назовите методы физико-химической очистки сточных вод.
37. В чём заключается метод электрокоагуляции сточных вод?
38. В чём заключается метод флотации сточных вод?
39. В чём заключается метод инфильтрации сточных вод?
40. В чём заключается метод ионного обмена при очистке сточных вод?
41. В чём заключается метод абсорбции при очистке сточных вод?
42. В чём заключается метод биохимической очистки сточных вод?
43. Что такое ХПК?
44. Что такое БПК?
45. Перечислите основные требования к составу и свойствам производственных стоков.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Калыгин, В.Г. Промышленная экология. Курс лекций / Калыгин В.Г. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 239 с.
2. Кафаров, В.В. Принципы создания безотходных химических производств / Кафаров В.В. – М.: Химия, 1984. – 225 с.
3. Блинов, Л.Н. Основы экологической химии. Часть 1: Учебное пособие / Блинов Л.Н., Оркина Т.Н., Танцура Н.П. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 76 с.
4. Коробкин, В.И. Экология в вопросах и ответах / Коробкин В.И., Передельский Л.В. - Ростов на Дону.: изд-во «Феникс», 2002. – 383 с.
5. Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю.В. и др. – под ред. А.П.Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 215 с.
6. Алексеев, С.В. Практикум по экологии. Учебное пособие / Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Грушина Э.В. – М.: АО МДС, 1996. – 354 с.
7. Ксензенко, В.И. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. Учебник для вузов / Ксензенко В.И., Кувшинников И.М., Скоробогатов В.С. и др. – под ред. В.И. Ксензенко. – М.: Химия, 2001. – 328 с.
8. Лурье, Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод – по ред. Ю.Ю Лурье. – М.: Химия, 1973. – 305 с.
9. Голицин, А.Н. Основы промышленной экологии. Учебник / Голицин А.Н. – М.: Изд-во ИРПО, 2002. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	3
1. Человечество и окружающая среда	3
1.1 Окружающая среда	3
1.2 Человек как компонент окружающей среды	4
2. Производственная деятельность человека и ресурсы планеты	5
3. Материальное производство и научно-технический прогресс	9
3.1 Материальное производство	9
3.2 Научно-технический прогресс	10
4. Основной компонент производства – сырьё	10
5. Классификация экозащитных процессов	11
6. Особенности химико-технологических экозащитных процессов.	13
6.1 Химические особенности экозащитного процесса	14
6.2 Технологические особенности экозащитного процесса	16
7. Основные понятия и способы организации малоотходных производств	19
8. Принципы организации экологически чистых и комплексных малоотходных технологий	20
9. Требования, предъявляемые к безотходным технологическим процессам и аппаратам	21
10. Требования, предъявляемые к сырью, материалам и энергоресурсам	22
11. Требования, предъявляемые к готовой продукции	24
12. Схемы производственных процессов	24
12.1 Схема незамкнутого процесса	24
12.2 Схема незамкнутого процесса с очисткой отходов до ПДК	25
12.3 Схема замкнутого процесса с полной очисткой отходов	25
13. Рециркуляция водных потоков и создание оборотных систем водоснабжения	25
14. Экологический анализ промышленного региона	29
14.1 Источники и виды загрязнений гидросферы	30
14.2 Виды сточных вод	32
14.3 Классификация промышленных вод по целевому назначению	33
14.4 Виды загрязнений производственных сточных вод	34
14.5 Современные методы очистки сточных вод от промышленных загрязнений	37
14.6 Требования к составу и свойствам воды	42
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	43
Перечень рекомендуемых практических занятий	43
Темы, рекомендуемые для подготовки рефератов	44
Контрольные вопросы	45
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	47