

# БЖД ООС

СКИФ



**Кафедра «Безопасность жизнедеятельности  
и защита окружающей среды»**

**Лекционный курс**

**Автор**

**Андреева Е.С.**

Ростов-на-Дону,  
2017

## **Аннотация**

В данном учебном пособии рассмотрены основные проблемы взаимодействия между промышленным производством и окружающей средой. Изложены основные направления и подходы к охране ОС, в частности, безотходные и малоотходные технологии. Курс лекций «БЖД ООС» рассчитан для студентов Донского государственного технического университета по специальности «Техносферная безопасность»).

## **Автор**

**Андреева Елена Сергеевна –**

**д.г.н., доц.каф. «БЖД»**

Сфера научных интересов – описание явления погоды геоэкология, защита окружающей среды, диффузия применений в атмосфере.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Общие теоретические положения объект и предмет исследования .....	6
Методологические основы выделения природно-промышленных систем .....	7
Структурная схема материально-энергетической единицы ноосферы .....	8
Учение о природо-промышленных системах .....	11
Функционирование природно-промышленных систем .....	13
Воздействие производства на природную среду .....	19
Экологически чистые производства - основа охраны окружающей среды от загрязнений .....	24
Сравнительные данные о водопотреблении и использовании сточных вод до внедрения комплексной системы очистки и после ее внедрения .....	32
Создание малоотходных и безотходных производств является весьма сложной задачей, выдвигающей особые требования. ....	35
Источники воздействия на окружающую среду .....	36
Основные источники загрязнения атмосферного воздуха .....	38
Источники загрязнения водных объектов .....	42
Источники шума и вибрации .....	45
Источники электромагнитного излучения .....	46
Источники ионизирующего излучения .....	47
Охрана атмосферного воздуха на предприятиях .....	48
Критерии качества атмосферного воздуха и нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу .....	50
Антропологическое измерение химического состава атмосферы .....	50
Основные способы предотвращения и улавливания выбросов .....	55
Очистка выбросов от газообразных примесей .....	60
Рекомендации по выбору методов и схем очистки и пылегазоочистительных устройств .....	62
Мероприятия, позволяющие существенно снизить размеры выбросов в воздушный бассейн .....	63
Методы и средства регистрации загрязнения атмосферы .....	64

БЖД ООС

Рациональное использование воды на предприятиях .....	66
Условия выпуска сточных вод в водоёмы .....	68
Формирование химического состава водных объектов в естественных условиях .....	69
Химический состав речных взвесей.....	72
Распределение элементов в речных осадках.....	73
Антропогенные изменения в водных объектах.....	73
Методы выявления антропогенных изменений в водных объектах.....	76
Оценка качества вод .....	76
Существующие и перспективные методы очистки сточных вод.....	79
Обработка и утилизация осадков сточных вод.....	85
Отходы производства.....	86
Нормирование сбора ПО .....	89
Сбор и транспортирование ПО.....	92
Складирование и захоронение ПО на свалках, полигонах ТБО, поверхностных и подземных хранилищах.....	93
Сжигание ПО совместно с бытовым мусором .....	95
Обработка и утилизация ПО на специализированных полигонах .....	96
Переработка и утилизация ПО полной заводской технологии .....	97
Радиоактивные отходы .....	98
Утилизация РАО .....	99
Производственный экологический контроль .....	100
Экологическая экспертиза .....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ: .....	106

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эволюции человек получил возможность влиять на ход развития самой природы, подчиняя себе все новые и новые природные ресурсы, изобретая всё более изощренные способы добычи средств существования, благодаря чему оказался в ситуации, когда природа уже не в силах справляться с его все растущими потребностями и начинает утрачивать естественный механизм самовосстановления. Население планеты, особенно крупных городов и промышленных зон, начинает задыхаться от нехватки чистого воздуха и испытывать жажду из-за дефицита чистой пресной воды. Проблема устойчивого развития цивилизации, обеспечивающей удовлетворение потребностей сообщества, но не ставящей под угрозу существование человечества сегодня, так и его последующих поколений должна и может быть решена так, чтобы воздействие на окружающую среду находилось в допустимых пределах, определением которых и занимается промышленная экология.

Набор экологических проблем достаточно широк, а большая часть из них переплетена и жестко взаимосвязана. Наиболее важные из них, требующие первостепенного решения, - это загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, накопление производственных и бытовых отходов.

Долгое время считалось, что основным источником загрязнения воздушного бассейна города являются выбросы промышленных предприятий и ТЭС, ТЭЦ, однако, судя по последним опубликованным данным, доля выбросов автомобильным транспортом занимает главенствующее положение. От общего количества выбросов вредных веществ в атмосферу (пыль, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода) она составляет в г. Ростове-на-Дону 0,95, г. Москве – 0,92, г. Санкт-Петербурге – 0,76, г. Новосибирске – 0,65, г. Екатеринбурге – 0,78, г. Самаре – 0,57. Это следствие резкого увеличения количества автотранспорта, возросшего по сравнению с 1980 годом в 4-6 раз. Кроме того, сильное влияние на состояние атмосферы оказывают многочисленные несанкционированные свалки, сжигание мусора, работа множества малых предприятий.

Основным источником загрязнения поверхностных и подземных вод справедливо считались промышленные и коммунальные стоки но, как показывает практика, в настоящее время главенствующим источником загрязнения выступают малые предприятия и смывы загрязняющих веществ с поверхностей, прилегающих к ним территорий (в особенности для малых рек).

Но наиболее сложная и важная проблема современности это накопление производственных и бытовых отходов. Появление за последние годы огромного количества стихийных рынков, резкое увеличение торговых павильонов и точек, развешивание малых низко технологичных предприятий и отсутствие в

достаточном количестве утилизирующей техники привели к значительному росту объемов бытовых и производственных отходов.

И, несомненно, определяющее значение в решении перечисленных проблем, прежде всего технического и технологического плана, имеют методы и подходы промышленной экологии.

## **Общие теоретические положения объект и предмет исследования**

**Промышленная экология** – новая научная дисциплина, изучающая взаимодействие общества с природной средой в процессе общественного производства. В целом процесс общественного производства является общим объектом исследования многих научных направлений, поэтому в теоретическом плане для выделения нового научного направления – промышленной экологии – необходимо определить объект и предмет и установить отличия области исследований от таковой в других научных направлениях.

Объектом исследования в промышленной экологии являются системы, образовавшиеся и длительное время функционирующие в результате взаимодействия конкретного вида общественного производства с окружающей его природой. Наиболее характерны и информативны системы, образовавшиеся в процессе промышленного производства, то есть природно-промышленные системы (ППС). В качестве ППС в промышленной экологии чаще всего рассматриваются системы, возникшие в результате деятельности горного, обогатительного, металлургического, химического, энергетического и других видов производства. Главной отличительной особенностью любого производства является специфика его технологических процессов. От их качественных и количественных параметров зависит характер взаимодействия производства с природной средой. Взаимодействие технологических и природных процессов и составляет предмет исследования в промышленной экологии. Это взаимодействие определяет структуру и функционирование образовавшихся ППС, то есть другими словами, предметом исследования в промышленной экологии является структура и функционирование природно-промышленных систем.

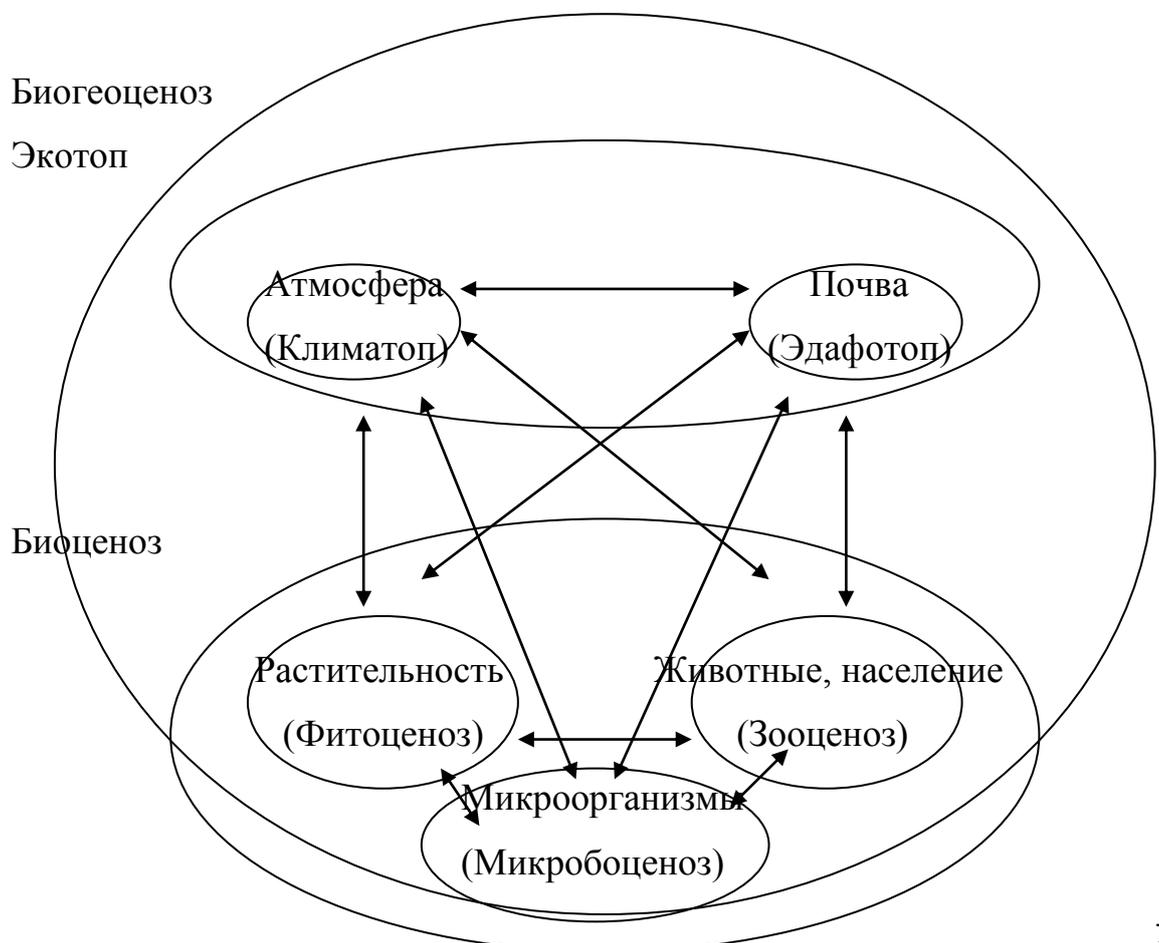
Таким образом, на основании приведенных выше формулировок объекта и предмета исследований можно дать следующее определение, **промышленная экология** – это научная дисциплина, изучающая структуру и функционирование территориальных единиц ноосферы - природно-промышленных систем локального и регионального уровней. При этом под ноосферой понимается современное состояние развития материальной оболочки Земли, в которой и происходит процесс взаимодействия общества с природой. Одной из основных задач промышленно – экологического анализа является определение взаимосвязей между параметрами технологических процессов и изменениями в природной среде. Важной особенностью промышленно – экологических исследований следует признать их прикладной характер, поскольку результаты служат исходными данными при разработке конкретных природоохранных мероприятий. Кроме общих положений, теоретические основы промышленной

экологии как научного направления включают: методологические аспекты выделения объекта и предмета; учение о природно-промышленных системах, их структуре и функционировании; научно – методические основы оценки воздействия производства на природную среду, проведения и использования инженерно – экологических исследований; формирование понятийного аппарата дисциплины.

## Методологические основы выделения природно-промышленных систем

Одна из главных категорий в промышленной экологии – природно-промышленная система, образовавшаяся в результате взаимодействия производства с природной средой, которая обладает определенной структурой и особенностями функционирования. Являясь объективной реальностью, ППС выделяется с целью использования целостного (холистического от греческого holos - целый) комплексного системного подхода при изучении взаимодействия производства с природной средой. На необходимость комплексного подхода при изучении природной среды указывали В.И.Вернадский, В.В.Докучаев, К.Либице, Г.Ф.Морозов, А.Тенсли и другие ученые XIX-XXв.в. Реальной основой для такого подхода стало учение о биосфере сформировавшееся в начале XX в. под влиянием работ целого ряда ученых, среди которых ведущая роль принадлежит В.И.Вернадскому. Для участков биосферы, не подверженных воздействию человека, в качестве объекта исследования выступает биогеоценоз.

### Структурная схема материально-энергетической единицы биосферы.



В процессе совместного существования между компонентами живой природы возникают разнообразные связи и отношения, в результате чего образуются биологические единства более высокого ранга – биоценозы. Кроме указанных выше в состав биогеоценоза входят еще два компонента, которые относятся к неживой природе и при взаимодействии которых друг с другом, возникает косное вещество – экотоп:

- почва с подпочвенными горными породами, почвенно-грунтовые воды, которые взаимодействуют с компонентами биоценозов и образуют вследствие этого определенный комплекс (эдафотоп);
- атмосфера, содержащая биогенные газы (кислород, углекислый газ), а также осадки, атмосферную влагу и образующая при взаимодействии с другими компонентами климатоп.

В ноосфере в качестве элементарной структурной единицы может быть нообиогеоценоз. В состав нообиогеоценоза входят три равноправных сообщества, которые и обуславливают существование и функционирование системы.

## **Структурная схема материально-энергетической единицы ноосферы**

Природная среда представлена экотопом (косной частью), включающим воду, воздух и почву, и биоценозом (живой природой), представленный растительностью, микроорганизмами и животным миром. Основным звеном третьего сообщества, который условно можно назвать «нооценозом», то есть «сообществом разума», является общество с его социальными законами развития. Для удовлетворения своих материальных потребностей; обеспечения жизнедеятельности, общество должно создавать средства существования. Эту роль, в частности, выполняют средства труда, через них общество и взаимодействует с природой, результатом чего является продукт труда.

Итак, в основе взаимодействия системы «общество-природа» лежит общественное производство, все главные моменты которого входят в состав нообиогеоценоза. Основным процессом, определяющим функционирование нообиогеоценоза как элементарной ячейки системы «общество-природа», является процесс труда.

При появлении в структуре экологической системы объектов промышленного производства, оказывающих влияние на ее функционирование, возникает новая (искусственная) экологическая система, которую и предлагается называть природно-промышленной системой.

Пространственная иерархия ППС может быть выражена следующей последовательностью:

- нообиогеоценоз;
- природно-промышленный комплекс (ППК);
- территориально-производственный комплекс (ТПК).

Природно-промышленный комплекс – это относительно самостоятельная природно-промышленная система, в структуру которой входят промышленные,

## БЖД ООС

природные, коммунально-бытовые и аграрные объекты, функционирующие как единое целое. Рационально функционирующий ППК характеризуется минимальными материальными, энергетическими, трудовыми и другими затратами, при условии получения планируемого объема промышленной продукции, обеспечения необходимого качества окружающей природной среды, достижения оптимальной продуктивности сельско -, лесо -, рыбо-хозяйственных и других угодий, входящих в его состав. Границами природно-промышленного комплекса (выделенной ППС) будут границы зоны влияния промышленных предприятий, входящих в состав комплекса.

Главным компонентом, определяющим направление и характер функционирования ППК в целом, является его промышленное звено. В структурной схеме промышленного звена можно выделить объекты основного производства, объекты энергетики и организации, обеспечивающие строительство новых и реконструкцию действующих промышленных предприятий. Продукцией промышленного звена считается вся продукция, отправленная за пределы ППК, а также для удовлетворения собственных нужд ППК (коммунально-бытового звена) и поддержания заданной продуктивности (качества) экологической системы района. К продуктам промышленного звена относятся отходы производства – газообразные, жидкие и пылевидные промышленные выбросы, которые классифицируются как безвозвратные потери загрязняющие окружающую среду.

Основная отличительная особенность экологической системы, в которой функционирует ППК, состоит в том, что практически все элементы этой системы находятся под постоянным воздействием промышленных предприятий. В большинстве случаев сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, расположенные в таком регионе, снижают свою продуктивность, а иногда и полностью деградируют. При этом основная продукция экологической системы имеет не меньшее значение и ценность, чем вся продукция промышленного звена, а в ряде случаев ее значение даже больше.

При анализе структуры ППК в целом и отдельных его частей можно выделить три основные составляющие: абиотическую, биотическую и производственную.

Обмен веществом между объектами ППК происходит путем вовлечения определенных технологических и природных ресурсов в материальное производство, в процессе которого создается продукт труда (продукция ППК). Не вошедшие в продукт труда ресурсы возвращаются в природную среду, суммарное количество веществ, вовлекаемых в производство и выходящих из него в границах отдельного ППК, остается примерно постоянным. Это дает возможность составить материальный баланс всего производственного процесса, на его основе оценить количественные и качественные превращения веществ и определить места их выхода из технологического процесса. Одновременно становится возможным определить пути дальнейшего распространения выбросов и отходов производства в экологической системе, выявить их роль и количественные изменения, происходящие в основных природных объектах в пределах зоны предприятия.

Обмен энергией между компонентами ППК происходит путем превращения природных источников энергии в энергетические ресурсы производства, а также

путем выделения в окружающую среду неиспользованной в производстве доли энергии.

Обмен информацией позволяет судить о состоянии отдельных компонентов, корректировать процессы обмена веществом и энергией. Информация естественного характера выражается через свойства природных компонентов, искусственная информация, получается, посредством использования автоматизированных систем контроля, «прогноза», управления процессами производства и состоянием (продуктивностью) природных объектов. Таким образом, процессы обмена веществом и энергией в ППК могут контролироваться и целенаправленно управляться с помощью определенных инженерных мероприятий. Этим ППС отличаются от естественных природных систем.

Таким образом, природно-промышленный комплекс – это относительно устойчивая и самостоятельная структурная единица ноосферы, включающая в себя природные, промышленные, сельскохозяйственные, коммунально-бытовые объекты, которые функционируют как единое целое на основе определенного типа обмена веществом, энергией и информацией.

Территориально-производственные комплексы (ТПК) объединяют в единую социально-экономическую систему функционально и территориально взаимосвязанные промышленные, сельскохозяйственные, коммунальные и другие производства, обеспечивая тем самым комплексное и эффективное использование природных ресурсов региона.

Каждый конкретный ТПК, горнопромышленный район или промышленный узел, где комплексно и эффективно используются природные ресурсы, является структурной единицей ноосферы. Практика показывает, что одна из сложных проблем рационального функционирования ТПК как структурной единицы ноосферы заключается в охране и рациональном использовании природных ресурсов. Особенно остро эта проблема стоит в районах с суровыми климатическими условиями, где природные комплексы очень чувствительны к любым формам нарушения и загрязнения почв, водного и воздушного бассейнов. Возникновение проблемы и трудность ее решения определяются в основном тремя причинами:

- концентрация в одном регионе крупномасштабных и трудоемких промышленных объектов по добыче, обогащению и использованию полезных ископаемых;
- не изученность процессов возможных экологических изменений природной среды в зоне влияния крупных промышленных объектов и отсутствие опыта по устранению последствий этого влияния;
- организационные трудности, связанные с межведомственным характером использования минеральных, водных, земельных и других ресурсов.

Развитие ППК и ТПК в целом должно осуществляться по единым планам, учитывающим в комплексе и охрану недр, водного и воздушного бассейнов, земельных и других ресурсов.

Перечисленные выше ППС (нообиогеоценоз, ППК, ТПК) целесообразно принять за основные при любых инженерно-экологических исследованиях.

## Учение о природо-промышленных системах

### Структуры природно-промышленных систем

В общем случае под структурой ППС понимается состав и взаимное расположение ее компонентов и элементов, определяющих характер и направление функционирования системы. В зависимости от назначения и целей использования можно выделить следующие типы структуры ППС: компонентная, иерархическая, функциональная, морфологическая.

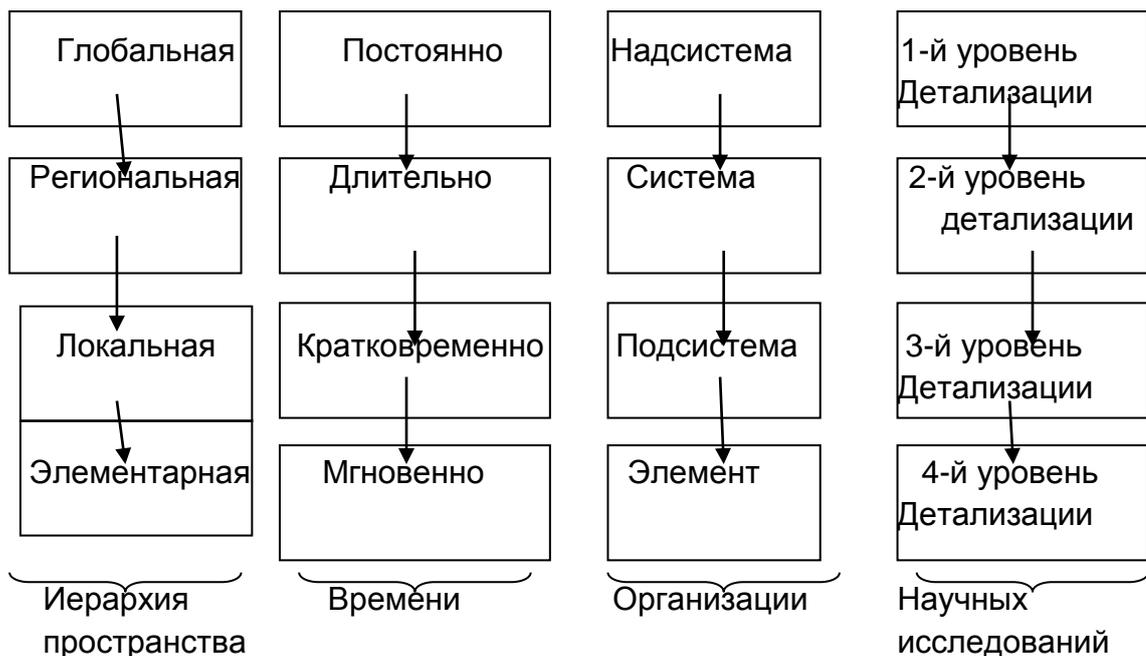
1. Компонентная структура ППС. Под компонентной структурой ППС следует понимать ее однообразные по составу части, наделенные определенными функциональными признаками. Компонентную структуру можно представить в виде блок-схемы, позволяющей в ППС (в данном случае нообиогеоценоз) выделить следующие структурные единицы: сообщества (экотоп, биоценоз, нооценоз); компоненты (литосфера, гидросфера, атмосфера, фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз, общество, средства труда и продукты труда).

2.



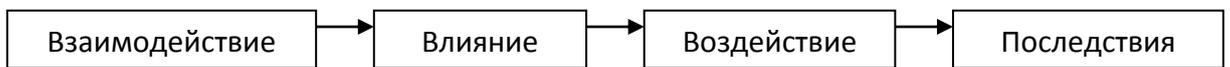
ППС, содержащие перечисленные выше сообщества и компоненты, являются классическими.

3. Иерархическая структура ППС. С методологической точки зрения иерархическая структура должна раскрывать понятие четырех иерархий: пространства, времени, организации и научных исследований.

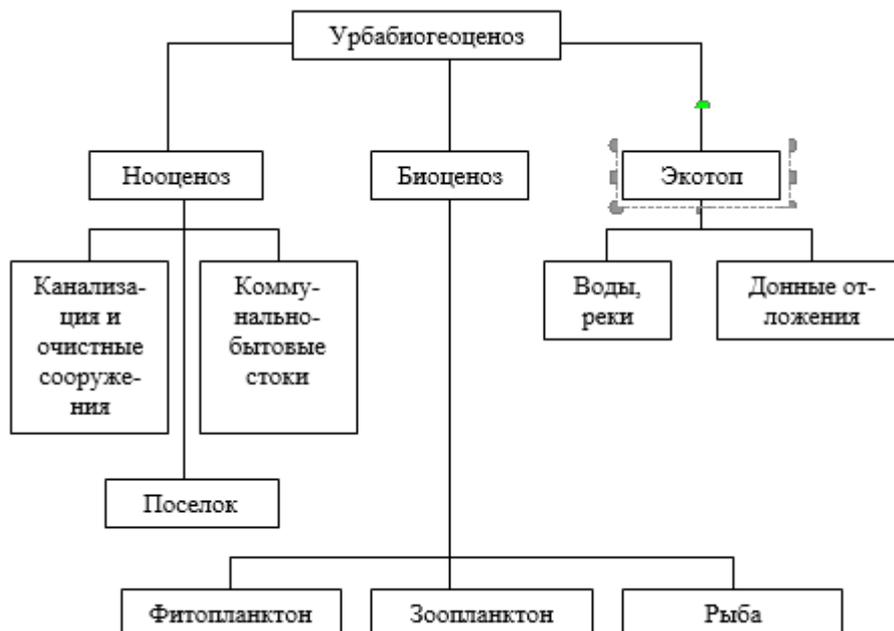


БЖД ООС

4. Функциональная структура. Данная структура раскрывает специфику образования ППС и совокупность взаимодействующих структурных единиц. Целью построения функциональной структуры на первом этапе инженерно-экологических исследований является определение структурных единиц, находящихся во взаимодействии. Главным фактором при этом служит установление наличия между ними обмена веществом, энергией или информацией. Цель построения структуры на втором этапе заключается в выделении структурных единиц, оказывающих влияние (производства) и испытывающих это влияние (хозяйства непромышленной сферы и население). Третий этап должен ставить целью выявление структурных единиц, оказывающих воздействие (источники воздействия) и испытывающих его (природные компоненты и элементы). Завершается построение выделением структурных единиц («реципиентов»), в которых проявляются последствия воздействия.



В качестве примера можно рассмотреть функциональную структуру элементарного урбабиогеоценоза.



5. Морфологическая структура. Под морфологической структурой ППС следует понимать пространственное размещение всех компонентов нооценоза, биоценоза и экотопа и их элементов во взаимосвязи и с учетом последствий взаимодействия. Она представляет собой структурное оформление пространственных и функциональных связей и отношений между источниками воздействия и объектами, воспринимающими воздействие и изменяющимися в результате этого.

## БЖД ООС

Элементами, позволяющими построить морфологическую структуру ППС, являются контуры, ареалы, слои, зоны.



## Функционирование природно-промышленных систем

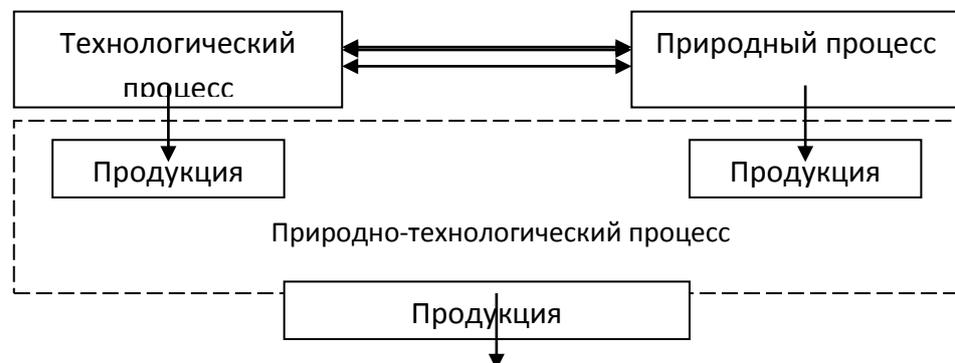
Функционирование ППС основано на принципах обмена веществом, энергией или информацией между ее структурными единицами, происходящего в результате процесса производства, специфики его технологии. Взаимосвязь этих видов обмена с природными процессами может иметь форму взаимодействия, влияния и воздействия.

**Взаимодействие.** С природной средой взаимодействие осуществляется прямо или опосредовано при любом виде производства. Интенсивность взаимодействия определяется количеством ресурсов, которыми обмениваются предприятие и природная среда в процессе функционирования.

Обмен веществом, энергией и информацией между структурными единицами ППС осуществляется в результате ведения производственных технологических процессов.

При взаимодействии производства и природной среды имеет место природно-технологический процесс.

### Схема природно-технологического процесса



Эффективность природно-технологического процесса ППС оценивают по объему суммарной продукции с учетом заданного качества компонента природной среды.

Количества вещества и энергии, поступающих в природный процесс, в общем случае, можно установить путем составления уравнений материального и энергетического баланса технологического процесса:

$$M_B = M_{\text{пр}} + M_{\text{ов}};$$

$$E_B = E_{\text{пр}} + E_{\text{вс}},$$

где:

$M_B$  – масса веществ, участвующих в технологическом процессе;

$M_{\text{пр}}$  – масса веществ, входящих в продукцию технологического процесса;

$M_{\text{ов}}$  – масса веществ, составляющих отходы и выбросы;

$E_B$  – количество энергии, вводимой в технологический процесс;

БЖД ООС

$E_{\text{пр}}$ - количество энергии, израсходованной на производство продукции;

$E_{\text{вс}}$  - количество энергии, выделяющейся в природную среду.

Следующим этапом анализа является составление материального баланса природного процесса для определения его продуктивности:

$$M_{\text{п}} + M_{\text{ов}} = M_{\text{пр}} + M_{\text{кв}},$$

здесь:

$M_{\text{п}}$ —масса веществ, вовлекаемых в природный процесс из природных компонентов

$M_{\text{ов}}$ —масса веществ, поступающих из технологических процессов в природные;

$M_{\text{пр}}$ -масса веществ, входящих в состав продукции природного процесса;

$M_{\text{кв}}$ -масса веществ, участвующих в круговороте.

Аналогично составляется уравнение энергетического баланса природного процесса.

В общем случае все материальные ресурсы делятся на главные, вспомогательные и сопутствующие. По уравнению материального баланса можно рассчитать расход ресурсов в единицу времени или на единицу выпускаемой продукции. По каждому виду ресурсов, определяются его объем, показывающий технологическую линию в составе готовой продукции, а также потери с выбросами и отходами производства. Дефицит баланса характеризует неучтенные потери материальных ресурсов. Для конкретного вида ресурса формула материального баланса имеет следующий вид:

$$M_{\text{вх}} = M_{\text{пр}} + M_{\text{отх}} + M_{\text{утр}},$$

где:

$M_{\text{вх}}$ ,  $M_{\text{пр}}$ ,  $M_{\text{отх}}$ ,  $M_{\text{утр}}$ -модули ресурса соответственно на входе в процессе, в готовой продукции, в уловленных или складированных отходах (жидких, твердых и газообразных) и в потерях, которые образуются при выбросах в атмосферу, выносе веществ из отвалов, хранилищ, в промышленных стоках и т.д.

Анализ выражения материального баланса позволяет получить данные для оценки степени влияния и воздействия производства на природную среду и эффективности использования ресурсов.

Второй параметр (коэффициент эффективности -  $\alpha$ ) можно рассчитать для отдельных элементов главных, вспомогательных, сопутствующих ресурсов из выражения:

$$\alpha_i = M_i^{\text{прод}} / M_i^{\text{вх}}; \quad \alpha_j = M_j^{\text{прод}} / M_j^{\text{вх}}; \quad \alpha_k = M_k^{\text{прод}} / M_k^{\text{вх}},$$

где:

$i, j, k$  - количество главных, вспомогательных и сопутствующих ресурсов соответственно.

Примерные коэффициенты могут быть суммарными:

$$\alpha_{\text{гл}} = M_{\text{гл}}^{\text{прод}} / M_{\text{гл}}^{\text{вх}}; \quad \alpha_{\text{всп}} = M_{\text{всп}}^{\text{прод}} / M_{\text{всп}}^{\text{вх}}; \quad \alpha_{\text{соп}} = M_{\text{соп}}^{\text{прод}} / M_{\text{соп}}^{\text{вх}},$$

Уравнение материального баланса можно составить в относительных величинах:

БЖД ООС

$$1 = M_{\delta\text{гл}}^{\text{прод}}/M_{\delta\text{гл}}^{\text{вх}} + M_{\delta\text{гл}}^{\text{отх}}/M_{\delta\text{гл}}^{\text{вх}} + M_{\delta\text{гл}}^{\text{УТР}}/M_{\delta\text{гл}}^{\text{вх}} + M_{\delta\text{гл}}^{\text{УСР}}/M_{\delta\text{гл}}^{\text{вх}};$$

Здесь первое слагаемое первой части – коэффициент  $\alpha_{\delta\text{гл}}$ , второе слагаемое свидетельствует о степени складирования, третье и четвертое указывают на потери сырья соответственно в технологической цепи и в процессе выноса продукта из складированных отказов. Аналогично составляется уравнение баланса по вспомогательным и сопутствующим ресурсам.

Использование природных ресурсов в технологических процессах производства и в природно-технологическом процессе характеризуется следующими показателями: интенсивностью (**И**), степенью (**Н**), эффективностью (**Э**) использования.

Показатели интенсивности отражают количество природных ресурсов, поступивших в технологический процесс в единицу времени ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{ч}/\text{с}$ ,  $\text{т}/\text{год}$ ) или вышедших из технологического процесса. Показатели степени использования характеризуют величину ресурса в продукции от общего поступления ресурса в процесс (усл. ед). Показатели эффективности (усл. ед) определяются путем сравнительной оценки величины показателей интенсивности и степени использования с нормативными значениями, лучшими, достигнутыми в отрасли, стране, мире.

Некоторые материальные ресурсы могут быть повторно или неоднократно задействованы в технологических процессах. Тогда производство становится замкнутой системой без выхода этих ресурсов в природную среду. По такому принципу создаются безотходные производства.

**Влияние.** Природная среда испытывает на себе влияние производства, под которым понимается процесс обмена веществом, энергией или информацией с природными компонентами. В результате происходят качественные или количественные изменения в их составе или свойствах функционирования. Оценка этих изменений производится путем сравнения количественных и качественных показателей состояния природных компонентов с фоновыми (кларковыми) значениями, определенными для данного компонента с учетом природных факторов.

Кларк – среднее содержание элемента, выраженное в процентах. Содержание веществ в природной среде может оказаться выше кларкового в результате природной аномалии, для этого вводится понятие «фоновая концентрация». Фоновой нужно считать концентрацию элемента (вещества) в атмосфере, метосфере, гидросфере, в растениях, животных и микроорганизмах, находящихся вне зоны влияния данного конкретного предприятия.

Таблица 1

**Средний состав атмосферы** (Фортескью, 1985)

Г а з	Содержание, часть/млн. (% от общего)	
	по объему	по массе
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>7809*10<sup>2</sup></b>	<b>7551*10<sup>2</sup></b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>2095*10<sup>2</sup></b>	<b>2315*10<sup>2</sup></b>
<b>Ar</b>	<b>9300</b>	<b>128*10<sup>2</sup></b>

БЖД ООС

CO <sub>2</sub>	300	460
Ne	18	12,5
He	5,2	0,72
CH <sub>4</sub>	1,5	0,94
Kr	1	2,9
N <sub>2</sub> O	0,5	0,8
H <sub>2</sub>	0,5	0,035
O <sub>3</sub>	0,4	0,7
Xe	0,08	0,36

Абсолютная распространенность газовых компонентов в атмосфере изучена детально и иллюстрируется в таблице 1. В результате загрязнения в атмосфере могут появиться химические элементы и соединения, не приведенные в таблице. При определении зоны влияния конкретного производства на атмосферу можно использовать понятие «фоновой концентрации», определяя зону влияния как расстояние от источника загрязнения атмосферы до места с концентрацией вещества в атмосферном воздухе < 0,05 ПДК (max разовая).

Таблица 2

Состав природных вод (Фортеस्कью, 1985)

Элементы	Содержание, ч/млн.		
	Дождевая вода	Речная вода	Морская вода
Na	1,1	5,8	10560
K	0,26	2,1	380
Ca	0,97	20	400
Mg	0,36	3,4	1270
Cl	1,1	5,7	18980
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4,2	12	2650
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,2	35	140
Si	0,83	8,1	0,05-2

Для определения зоны влияния производства на водные объекты можно использовать упомянутые выше рекомендации: установить место, начиная с которого концентрация веществ в воде достигает фонового значения.

Имеются научные публикации, дающие представление о распространении и содержании отдельных элементов в «живом веществе». Эти данные могут служить основой для оценки влияния производства на природную среду по компонентам биоценоза.

Таблица 3

Содержание химических элементов в «живом веществе», ч/млн. абс. сухого вещества. (Фортеस्कью, 1985)

Элементы	Морские растения	Растения суши	Морские животные	Животные суши
O	47*10 <sup>4</sup>	41*10 <sup>4</sup>	4*10 <sup>5</sup>	186*10 <sup>3</sup>
Si	(15-60)	(2-50)*10 <sup>2</sup>	(0,7-10-50)	(1,2-4-100)
Al	60	5*10 <sup>2</sup>	10-50	4-100

БЖД ООС

Ca	(1-30)*10 <sup>4</sup>	18*10 <sup>3</sup>	(15-	(2-
Mg	52*10 <sup>2</sup>	32*10 <sup>2</sup>	5*10 <sup>3</sup>	1*10 <sup>3</sup>
Na	33*10 <sup>3</sup>	12*10 <sup>2</sup>	(4-48)*10 <sup>3</sup>	4*10 <sup>3</sup>
P	35*10 <sup>2</sup>	23*10 <sup>2</sup>	(4-18)*10 <sup>3</sup>	(17-
Mn	53	630	1-60	0,2
F	4,5	0,5-40	0,2-3	0,75
Sr	(1,6-	26	(0,2-5)*10 <sup>2</sup>	14
Cl	47*10 <sup>2</sup>	2*10 <sup>3</sup>	(5-90)*10 <sup>3</sup>	28*10 <sup>2</sup>
Ni	3	3	0,4-25	0,8
Zn	150	100	6-1500	160
Cu	11	14	4-50	2,4
Co	0,7	0,5	0,5-5	0,03
Rb	8,4	2,7	0,5	2,0

Оценить силу воздействия можно путем нахождения разницы (отклонения) действительным и фоновым значениями концентраций в компонентах биоценоза.

**Воздействие.** Процесс обмена веществом, энергией или информацией с природными компонентами, вызывающий их изменения (нарушения или загрязнения) понимается как воздействие производства на природную среду. При этом количественные и качественные характеристики данных форм превышают предельно допустимые значения для данного компонента. Воздействие производства на природную среду целесообразно характеризовать показателями, которые позволяют сравнивать технологические параметры различных предприятий, проводить экологическую экспертизу технических решений, определять необходимую степень экологической эффективности природоохранных мероприятий. Такими показателями являются: интенсивность (I), степень (N), опасность (j) воздействия.

**Интенсивность (I).** Характеризуется количеством веществ, поступающих в природную среду (Iз) в единицу времени (г/с, кг/ч, т/год), а также площадью нарушения или количеством нарушенных в единицу времени природных компонентов (In) (м<sup>2</sup>/с, га/год, ед/год).

**Степень воздействия (N)** по величине соответствует отношению количественных показателей, характеризующих загрязнение или нарушение, к общему количеству выделившихся из технологического процесса веществ или к общей площади нарушаемого компонента. Степень воздействия измеряется в процентах и используется при разработке оптимальных показателей эффективности работы очистных и пылегазоулавливающих сооружений и эксплуатации обработанных земель и т.д.

Показатели **опасности воздействия (j)** (jз, jн) на природную среду характеризуют отклонения концентрации загрязняющих веществ С<sub>і</sub> в природных компонентах от нормальных значений ПДК<sub>і</sub>, а также отклонение площади или количества нарушений (Sн) от нормативных показателей (Sнп):

$$j_{zi} = C_i / ПДК_i < > 1, \quad j_{ni} = S_n / S_{np} < > 1.$$

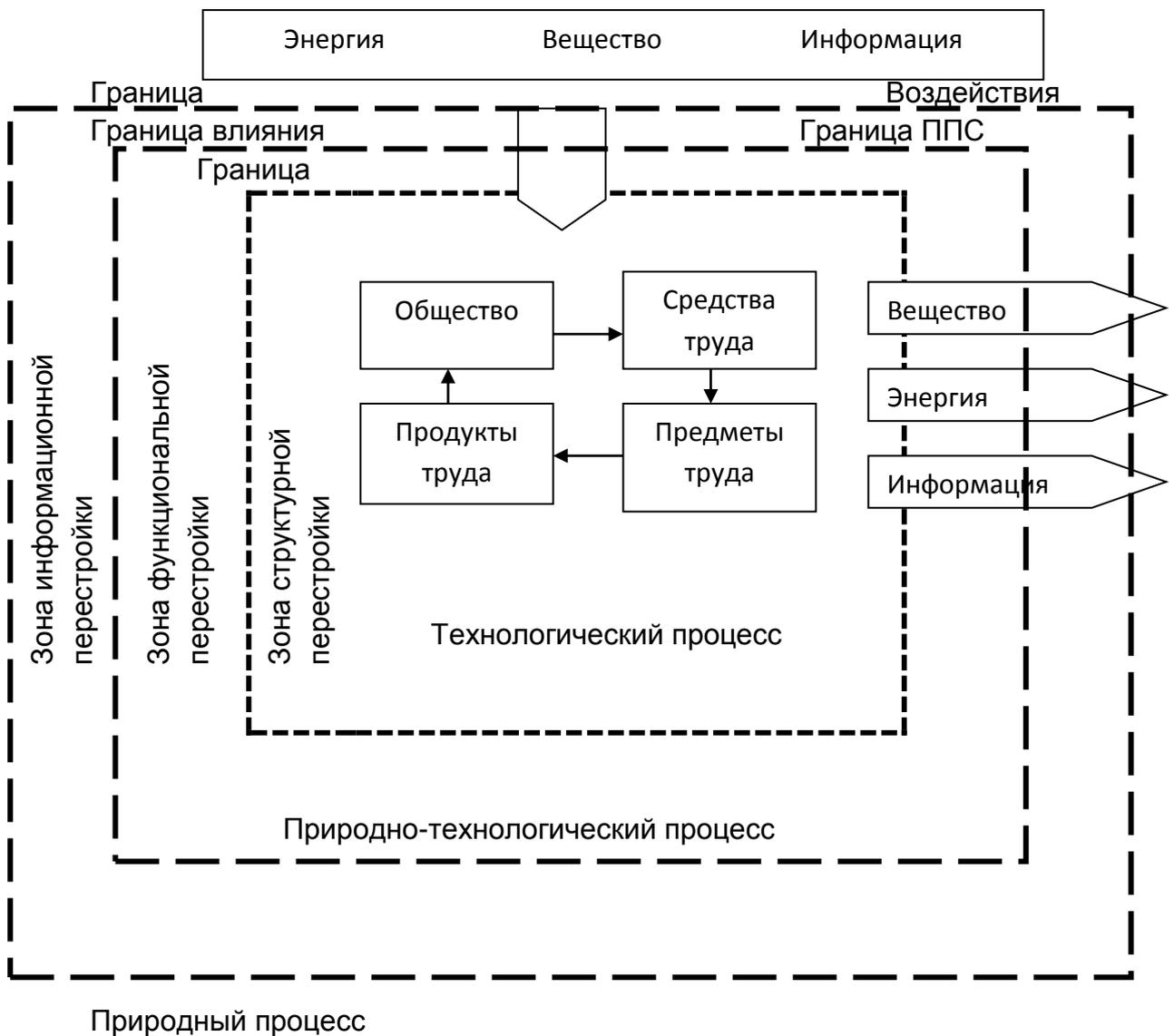
Если  $j_{zi}, j_{ni} < 1$ , то опасности воздействия нет, если  $j_{zi}, j_{ni} \geq 1$ , то опасность существует.

Показатели опасности загрязнения или нарушения природной среды определяются в каждом конкретном условиях по специальным методикам.

БЖД ООС

Полученные результаты служат основой для расчета экономического ущерба, наносимого природной среде деятельностью предприятий и предельно допустимых степени (ПДСВ) и интенсивности (ПДИВ) воздействия. Предельно допустимая интенсивность воздействия – плановый показатель охраны природной среды, который должен соблюдаться предприятием в условиях безопасности воздействия при существующих нормативах состояния природной среды. Как правило, достижение ПДИВ происходит поэтапно, путем проведения инженерных, экологических или организационных мероприятий, каждое из которых имеет соответствующую эффективность снижения интенсивности воздействия (ЭСИВ). Экологическая эффективность природоохранных мероприятий определяется в абсолютных показателях как разница между ПДИВ и I в начальный момент планирования.

**Функциональная схема ППС**



## Воздействие производства на природную среду

Источниками воздействия на природную среду являются технологические процессы любого общественного производства, так как только в процессе осуществляется обмен веществом и энергией с природной средой.

Все источники воздействия целесообразно разделять на источники нарушения и источники загрязнения. Источниками геомеханических нарушений являются технологические процессы, связанные с разведкой, добычей, транспортировкой и переработкой полезных ископаемых, строительством зданий, сооружений, коммуникаций и др., вследствие которых происходит нарушение почв, земель, массива горных пород.

Источниками гидродинамических нарушений являются технологические процессы, связанные с предварительной подготовкой месторождений и развитием добычи, строительством водохранилищ, каналов и других гидротехнических сооружений, прокладкой транспортных магистралей и т.д.

К источникам аэродинамических нарушений следует отнести все технологические процессы, создающие постоянные или временные препятствия на пути движения воздушных потоков (здания, сооружения, насыпи, выемки).

Источниками биоморфологических нарушений являются в первую очередь процессы, связанные с подготовкой площадей для строительства и обработки, вырубкой леса для получения крепежного материала и других производственных нужд, снятием и складированием плодородного слоя почвы.

Таким образом, источники нарушений – это технологические процессы, в результате воздействия которых изменяется структура и динамика функционирования ППС.

Источники загрязнения – это технологические процессы, в результате ведения которых в природную среду выделяются вещества и энергия, оказывающие воздействие на отдельные компоненты ППС.

Основными качественными характеристиками таких процессов являются состав веществ принимающих в них участие, и характер химических или других превращений, которые с этими веществами происходят.

Источники выделения – это аппараты, механизмы или агрегаты, в которых в результате технологического процесса происходит превращение веществ (топки котлов, дробилки, сушилки, двигатели, бурильные станки и пр.). Образовавшиеся вещества выбрасываются в природную среду через каналы, трубы, окна, аэрационные фонари, которые и являются источниками выброса (сброса). При этом выбросы загрязняющих веществ называют организованными. Неорганизованные (площадные, линейные, точечные) выбросы (сбросы) веществ в атмосферу, гидросферу и метосферу происходят, когда отсутствует источник выброса. В зависимости от высоты устья источника выброса над уровнем земли различают высокие ( $\geq 50$  м), средней высоты (от 10 до 50 м), низкие (от 2 до 10 м), наземные ( $\leq 2$  м) источники. На характер распространения загрязняющих веществ в атмосфере, гидросфере оказывают влияние и такие параметры источника как форма площадь сечения, конструкция устья: многоствольная труба или рассеянный сброс.

БЖД ООС

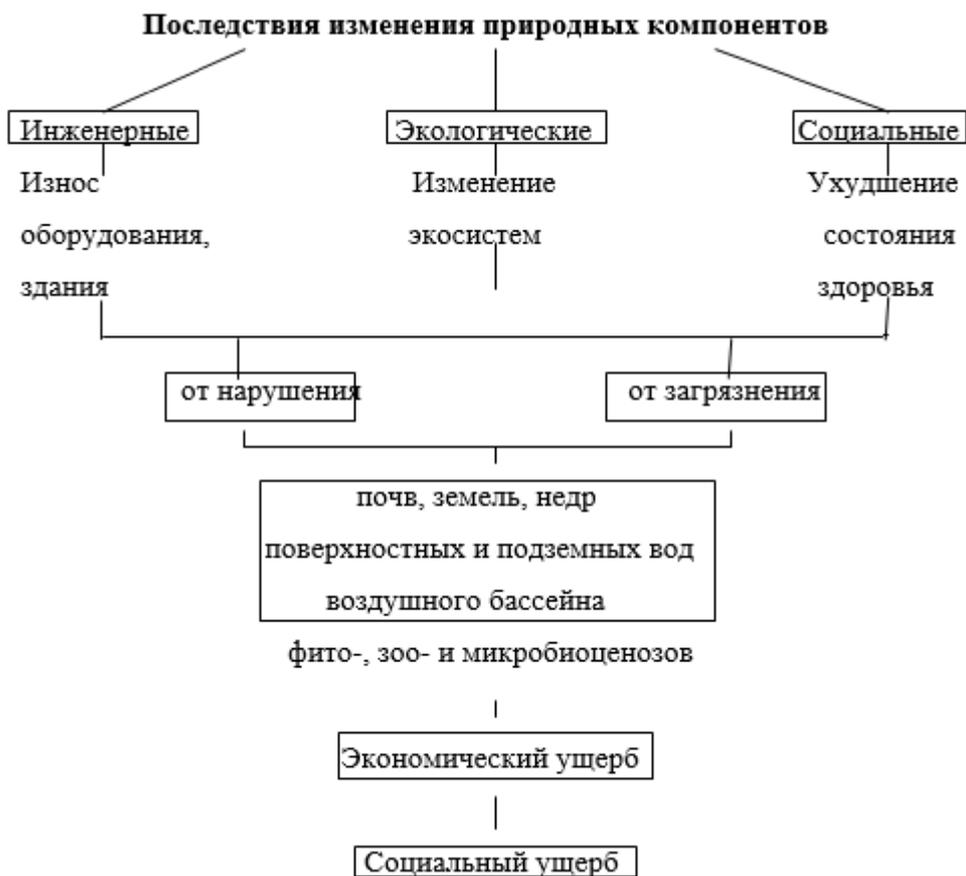
В соответствии с характеристиками технологических процессов воздействие производства на природную среду целесообразно разделить на виды: механическое, физическое, химическое и биологическое (возможны их сочетания).

Механическое воздействие имеет место в случае применения механических средств труда (экскаваторы, комбайны, механизированные комплексы). Кроме того, оно может быть вызвано резанием, скалыванием, спиливанием, бурением, сжатием, ударом, вибрацией в случае использования разрушающих приспособлений.

Физическое воздействие обусловлено применением физических процессов в технологии ведения работ – тепловых, световых, электромагнитных, влияющих в форме различного рода излучений (потоков энергии) на природные компоненты и разрушающих в них структурные и функциональные связи.

Химическое воздействие возникает в случае использования в производственных процессах различных превращений веществ, происходящих при их взаимодействии друг с другом.

Биологическое воздействие предполагает наличие живых организмов, поступивших в природную среду либо в результате использования в технологии производства (например, биологическое выщелачивание металлов), либо при транспортировке. Под последствием воздействия понимается состояние, в которое переходят все компоненты ППС в результате нарушения или загрязнения одного из природных компонентов.

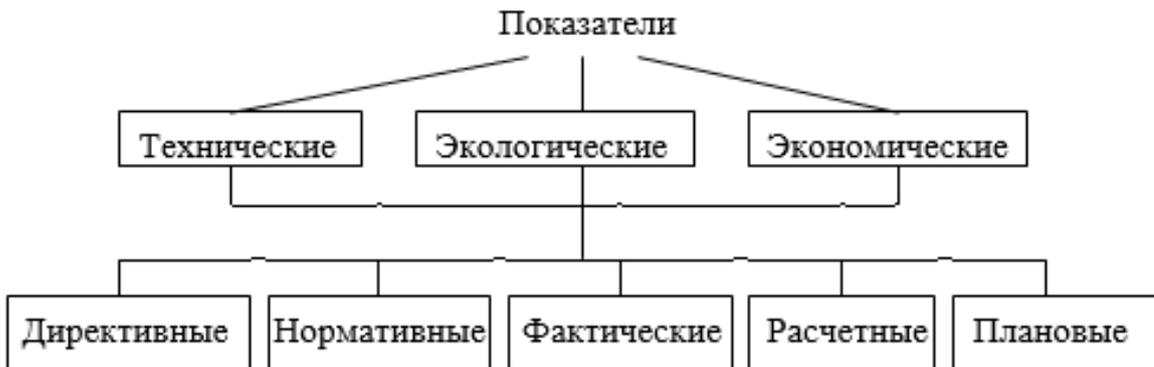


Интегральной оценкой последствий каждого вида воздействия производства на природную среду является его стоимостное выражение (руб.), сумма которых определит экономический ущерб от нарушения и загрязнения:

$$Y_{\text{общ}} = \sum_{n=1}^n Y_{\text{инж}} + \sum_{m=1}^m Y_{\text{экол}} + \sum_{k=1}^k Y_{\text{соц}}$$

где: n, m, k – число последствий одного вида.

**Инженерно-экологические показатели и их параметры**



Технические показатели характеризуют источники воздействия на природную среду – технологические процессы, а также машины, механизмы, взаимодействующие с природными ресурсами или использующие их для получения продукта труда.

Экологические показатели применяются для характеристики природных процессов и позволяют оценить способность природной среды к самоочищению, самовосстановлению ресурсов.

Экономические показатели должны характеризовать эффективность использования и охраны природных ресурсов на основе технических и экологических показателей. Проектные показатели нормируют необходимую степень эффективности проектируемых мероприятий. Эти показатели включают степень улавливания загрязняющих веществ:

$$\eta_i = \frac{M_i - ПДВ}{M_i} * 100\%$$

, где:  $M_i$  – реальный выброс загрязняющего вещества.

Степень восстановления нарушенных ресурсов:

$$J = \frac{S_n - S_{\text{норм}}}{S_n} * 100\%$$

, где:  $S_n$  – площадь нарушения.

Степень повышения эффективности использования природных ресурсов:

$$\beta = \frac{Q_{исп} - Q_n}{Q_{исп}} * 100\%.$$

Проектные показатели разрабатываются отдельно по ресурсам и процессам производства при условии, что необходимость проведения мероприятий уже установлена по оценочным показателям.

Таблица 4

**Распределение наиболее характерных источников загрязнения по отраслям промышленности**

(Руководство по контролю загрязнения атмосферы, 1979)

<b>Отрасли промышленности</b>	<b>Промышленное производство и технологическое оборудование, являющееся источником загрязнения атмосферного воздуха</b>
<b>Целлюлозно-бумажная промышленность</b>	Промышленные котельные, работающие на природном газе. Производства и цехи потребляющие ртуть. Содорегенерационные котлы, производство нафталина и канифоли, кормовых дрожжей, этилового спирта. Промышленные котельные, работающие на газе и малосернистом мазуте.
<b>Цветная металлургия</b>	Трубчатые, электрические, шахтные, руднотермические печи, обжиговые печи медеплавильных, цинковых, никелевых, оловянных, алюминиевых и ртутных производств, печи медеплавильных заводов, печи спекания и кальцинации глиноземного производства, вальц-печи цинкового производства, конвертеры медеплавильных и никелевых заводов, сушилки медных концентратов, прокалочные печи электродных производств и пр. Печи графитации, дробильно-помольное оборудование и перегрузочные узлы глиноземного, электротермического и электродного производств.
<b>Черная металлургия</b>	Коксовые батареи, башни тушения кокса, руднотермические печи ферросплавных заводов, вагранки, мартеновские печи,

БЖД ООС

	<p>электросталеплавильные печи, конвертеры, зоны спекания и охлаждения, травильные ванны, сушильные барабаны, печи обжига извести и доломежа.</p> <p>Котлоагрегаты и промышленные печи, сжигающие природный газ и малосернистый мазут.</p> <p>Электролизеры магниевого и алюминиевого производства, электрические хлораторы, спекательные машины, шахтные печи, грануляторы свинцовых заводов.</p>
Угольная промышленность	<p>Промышленные котельные шахт и обогатительных фабрик, работающие на природном газе и малосернистом мазуте, промышленные котельные шахт и обогатительных фабрик, вентиляционные выбросы от дробилок сортировочного отделения.</p>
Электроэнергетика	<p>Вагранки и электропечи цветного литья. Котлоагрегаты, работающие на сернистом мазуте и твердом топливе, тракты подачи твердого топлива. Котлоагрегаты, работающие на сернистом мазуте и твердом топливе, жидком и газообразном топливе, малосернистом мазуте.</p>
Промышленность строительных материалов	<p>Асфальтобетонные и толерубероидные установки, цехи облицовочных материалов и сантехнических изделий с применением полимеров формальдегидных смол. Вращающиеся обжиговые печи, цементные мельницы, сушильные барабаны, дробильно-помольное оборудование, перегрузочные узлы, упаковочные машины, цементные силоса.</p>
Нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность	<p>Производство фенола, изопропилбензола, сажи, ацетона, селективной и контактной очистки масел, смолоотстойники пиролизных производств, реакторы-генераторы установок получения элементарной серы, резервуары хранения нефти и нефтепродуктов, абгазы кубов – окислителей производства битума и синтетических жирных кислот, абгазы сушилок латекса заводов синтетического каучука, сушильные барабаны катализаторных производств, пневмотрансифт установок каталитического крекинга катализаторных фабрик, котлы-утилизаторы серноокислотных производств. Технологические печи , работающие</p>

БЖД ООС

	на природном газе, малосернистом мазуте, очищенном от сернистых соединений и топливном газе.
<b>Черная металлургия</b>	<p>Коксовые батареи, башни тушения кокса, руднотермические печи ферросплавных заводов, вагранки, мартеновские печи, электросталеплавильные печи, конвертеры, зоны спекания и охлаждения, травильные ванны, сушильные барабаны, печи обжига извести и доломежа.</p> <p>Котлоагрегаты и промышленные печи, сжигающие природный газ и малосернистый мазут.</p> <p>Электролизеры магниевого и алюминиевого производства, электрические хлораторы, спекательные машины, шахтные печи, грануляторы свинцовых заводов.</p>
<b>Машиностроение</b>	Сталеплавильные печи, цехи литья, гальванические цехи, цехи эмалевых, полимерных, формальдегидных и др. покрытий.

## Экологически чистые производства - основа охраны окружающей среды от загрязнений

Термин «безотходная технология» был предложен академиками Н.Н. Семяковым и И.В. Петряковым-Соколовым и приобрел широкое распространение в России и за рубежом. Однако сама идея безотходной технологии была изложена еще в 1885 г. Д.И. Менделеевым в статье «Письма о заводах» опубликованной в журнале «Новь». Он писал: «множество технологических производств имеют так называемые отбросы, то есть совершенно пренебрегаемые в экономическом отношении результаты химических превращений, которые, однако, сами по себе иногда становятся со временем исходною точкою нового производства весьма большой важности. Если непрерывность есть первый принцип заводского дела, то вторым должно считаться, по моему мнению, отсутствие выбросов...». Теория безотходных технологических процессов базируется на двух предпосылках:

а) природные ресурсы должны добываться один раз для комплексного производства всех возможных продуктов, а не каждый раз для получения каждого из них;

б) создаваемые продукты должны иметь такую форму, которая позволила бы после использования по прямому назначению рентабельно превращать их в исходные элементы нового производства.

Однако каждый новый тип технологии по принципу сырье – готовый продукт – сырье связан с износом материалов и требует новых затрат энергии и,

следовательно, дополнительных природных ресурсов вне замкнутой системы. Таким образом, признавая прогрессивность концепции безотходной технологии, следует учитывать ее условный характер, способность сократить загрязнения окружающей среды, но не исключить его полностью. Под безотходной технологией понимается идеальная модель производства, и теоретический предел, который может быть реализован лишь частично.

Отходы образуются в основном за счет присутствия в сырье примесей, которые не используются в данном процессе для получения готового продукта: побочных химических реакций, приводящих к образованию неиспользуемых веществ; неполноты протекания процесса и расхода полезного компонента в сырье. Уменьшить количество образующихся отходов можно за счет использования чистого, концентрированного сырья. При этом увеличивается скорость протекания процесса и повышается производительность труда. Такой же эффект дает снижение скорости протекания побочных реакций, например, за счет увеличения селективности процесса, увеличения полноты протекания процесса путем подбора оптимальных катализаторов и т.д. При этом не только уменьшается количество отходов, но и повышается эффективность производства. Создание безотходных технологических процессов предполагает как разработку рациональных способов и приемов выделения примесей из газов, так и принципиальное изменение технологического процесса или отдельных его частей. Изменение технологии должно идти по пути уменьшения количества выбросов и сокращения затрат на очистку газов, циркулирующих в системе. Примером такого изменения технологии может служить переход от очистки конвертированных газов аммиачного производства медно-аммиачными растворами к промывке газа жидким азотом (чтобы выделить СО). Применение этого способа очистки позволило отказаться от дорогого и сложного узла, повысить общую производительность труда в аммиачном производстве. Одновременно отпала необходимость в очистке от аммиака газов и сброса циркулирующих в системе инертных газов, а значит и их очистки.

Отказ в перспективе от получения адипиновой кислоты путем окисления циклогексанола азотной кислотой дает возможность не только использовать более доступный окислитель – кислород воздуха, но и одновременно исключить выбросы окислов азота.

Как положительный факт, следует отметить, что часть отходящих газов, содержащих сернистый ангидрид, которые раньше выбрасывались в атмосферу без очистки, в настоящее время используется в цветной металлургии для производства серной кислоты. Количество получаемой при этом серной кислоты составляет около 30% от общей выработки серной кислоты в России. Стоимость этой кислоты на 30% дешевле получаемой в химической промышленности.

На Ново-Уфимском нефтеперерабатывающем заводе работает установка производства серы из сероводорода. В современных процессах нефтепереработки в качестве отхода получают концентрированный сероводородный газ, который на большинстве заводов ранее сжигался в факелах и загрязнял воздух сернистым газом. Процесс получения серы из сероводородного газа основан на трехступенчатом окислении сероводорода. В термической ступени сероводород сжигают со стехиометрическим количеством

воздуха. Часть сероводорода сгорает до образования  $SO_2$ . После конденсации серы, полученной в термической ступени, производится каталитическое окисление остаточного сероводорода в серу сернистым ангидридом последовательно в двух ступенях с конденсацией серы, полученной в каждой ступени. Катализатором служит боксит или активная окись алюминия. Охлаждение газа и конденсация серы осуществляются до первой и затем после первой и второй каталитических ступеней в реакторе – генераторе и конденсаторе-генераторе. Реакционные газы после конденсации серы перед первой и второй каталитическими ступенями конверсии подогреваются смешением их с продуктами горения части исходного газа. Разработанный процесс позволяет утилизировать сероводород на 92-94%. Не прореагировавший сероводород сжигается до  $SO_2$  и выбрасывается в дымовую трубу. Все тепло реакций сжигания сероводорода и конденсации серы используется для получения промышленного водяного пара. Для сокращения расхода электроэнергии применяется печь дожига с горелками инжекционного типа. Комплексность схемы, высокая автоматизация процесса, применение доступного катализатора при сравнительно высоком выходе серы позволяют получать серу с низкой себестоимостью.

Схема получения серной кислоты из бедных конверторных газов была впервые внедрена на Балхашском горно-металлургическом комбинате. Получаемая по такой схеме серная кислота отличается дешевизной. В комплекс установки по использованию газов конверторов для производства серной кислоты входят: водоохлаждаемый напыльник, трехсекционная пылевая камера, четыре циклона ЦН-24 и два вентилятора ВГД-20у. После вентиляции газы по скоростному газоходу подаются в коллектор грязного газа, из которого распределяются по сухим электрофильтрам. Пыли сухих электрофильтров поступают на грануляцию и отгружаются на свинцовые заводы. Газы, частично очищенные от пыли (0,2-0,5 г/м<sup>3</sup>), поступают в коллектор чистого газа. Основная часть газов из коллектора чистого газа по трем газоходам подается в промывное отделение сернокислотного производства, куда поступают газы, содержащие около 4%  $SO_2$ .

В промывном отделении газы проходят последовательно первую и вторую промывные башни, мокрые электрофильтры с пластинчатыми электродами МП-12, увлажнительную башню и электрофильтры с сотовыми свинцовыми электродами ШМК-9,6. Орошение промывных и увлажнительных башен осуществляется слабой серной промывной кислотой. Избыток промывной кислоты выводится из цикла орошения промывной башни в редкометалльный цех.

Использование отходящих конверторных газов для производства серной кислоты по указанной схеме позволило осуществить тонкую очистку от пыли большей части конверторных газов, извлечь дополнительно значительное количество ценных металлов и резко сократить выбросы сернистого ангидрида с газами в атмосферу.

Разработан метод очистки вентиляционных выбросов вязкого производства от сероводорода с получением серы. Предлагаемый метод очистки предусматривает обработку газов в насадочных или полых абсорберах слабощелочным раствором катализатора окисления. При этом одновременно с

БЖД ООС

поглощением сероводорода происходит его окисление и образование элементарной серы, отделяемой от раствора в специальном аэраторе-флотаторе. Осветленный раствор возвращается в абсорбцию, а сера плавится в автоклаве или используется для получения коллоидной серы.

Существенное снижение выбросов может быть обеспечено созданием новых процессов, при которых уменьшается образование выбросов в атмосферу. Например, в черной металлургии создан безкоксовый метод получения продукции непосредственно восстановлением железорудных концентратов водородом. При таком способе из ранее известной технологической цепочки исключен доменный передел, а также производство кокса. В качестве исходного сырья применяется руда или концентрат, переработанные в окатыши, которые далее восстанавливаются водородом или газовой смесью водорода и окисью углерода при температуре 1000-1300 °С. Полученное губчатое железо с содержанием основного компонента до 95% после охлаждения переплавляется в электродуговых печах до получения кондиционного металла. Опыт производства стали, по данной технологии, обеспечивает резкое снижение выбросов с одновременным возвратом в цикл используемых газов и шлама газоочистных установок.

Большие промышленные выбросы в атмосферный воздух – это точный индикатор несовершенства технологии. В настоящее время широко применяется частичная рециркуляция, то есть повторное использование отходящих газов. Так, на ТЭЦ и в двигателях внутреннего сгорания при сжигании топлива, таким образом, подавляется образование азота. К технологическим мероприятиям относятся также замена вредных веществ в производстве безвредными или менее вредными, очистка сырья от вредных примесей (удаление серы из топлива), замена сухих способов переработки пылящих материалов новыми (мокрый помол), замена пламенного нагрева электрическим, прерывистых процессов непрерывными. На современном этапе развития промышленного производства возникла необходимость установления жестких норм герметичности для каждого вида химического оборудования.

Необходимо, чтобы санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к оборудованию, установленному открыто, были такими же, как и при установке этого оборудования внутри производственных помещений. Аппаратура также должна быть непрерывно действующей и герметичной. Герметичными являются машины и арматура без сальников. Если имеются места выбросов (протечек), то их следует оборудовать местными отсосами, а выбрасываемый воздух должен проходить очистку.

Доставка сырья должна осуществляться любым видом транспорта, удобным для погрузки и разгрузки, исключаящим возможность загрязнения почвы и воздуха не только территории производства, но и трассы транспортировки. Для перевозки жидких и сжиженных токсических веществ и газов в больших количествах следует использовать специальные (герметичные) железнодорожные и автомобильные системы. Воздух, вытесняемый из цистерн при сливе и переливании токсических, летучих веществ (хлор, бензол) необходимо очищать от паров этих веществ в рекуперационных установках или методом химического поглощения. Порошковые материалы следует хранить в закрытых, защищенных

## БЖД ООС

от ветра складских зданиях и специальных сооружениях (бункерах, силосах). Жидкие токсические и едкие вещества в разовых количествах > 400 кг необходимо подавать со складов в цехи по трубопроводам, изготовленным из металлов стойких к действию этих веществ.

Согласно определению Европейской экономической комиссии ООН безотходная технология – это практическое применение знаний, методов и средств для обеспечения в рамках человеческих потребностей наиболее рационального использования природных ресурсов и энергии, а также защиты окружающей среды.

Малоотходная технология является промежуточным этапом создания безотходной, составными элементами которой являются:

- комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов;
- уменьшение или полное исключение загрязнения окружающей среды промежуточными продуктами, отходами производства и потребления путем переработки и получения из них товарной продукции;
- создание замкнутых систем (циклов) производственного водоснабжения.

Созданию замкнутых систем водного хозяйства на предприятии (или их группе) способствуют следующие технические и организационные мероприятия:

- применение безводных или маловодных техпроцессов, аппаратов воздушного охлаждения;
- последовательность водообеспечения различных производств в виде многократного использования воды;
- совершенствование технологических процессов, уменьшающих водопотребление, загрязнение промстоков и утилизацию твердой фазы;
- рациональная система водоотведения, обеспечивающая наилучшие условия совместной или раздельной очистки разных категорий сточных вод;
- применение современных высокоэффективных технологий очистки и обеззараживания сточных вод, утилизация шламов.

Выбор оптимальных технологических схем очистки вод и замкнутых систем обеспечения обосновывается технико-экономическими расчетами. При этом даже при экономической нецелесообразности в первую очередь следует принимать проекты и технологии, обеспечивающие улучшение санитарно-гигиенических и экологических условий на предприятии. Методической базой для проведения технико-экономического обоснования, выбора наилучшего варианта технологических схем водного хозяйства, являются рекомендации по «комплексной оценке эффективности мероприятий направленных на ускорение научно-технического прогресса» (1989). Существующие методы обеспечивают в ряде случаев очистку на 95-96%, однако это часто недостаточно. Повышение степени очистки до 99-99,5% резко удорожают стоимость очистных сооружений. На сегодняшний день в большинстве отраслей промышленности стоимость очистных сооружений составляет от 5 до 30% стоимости «основного» оборудования и сооружений.

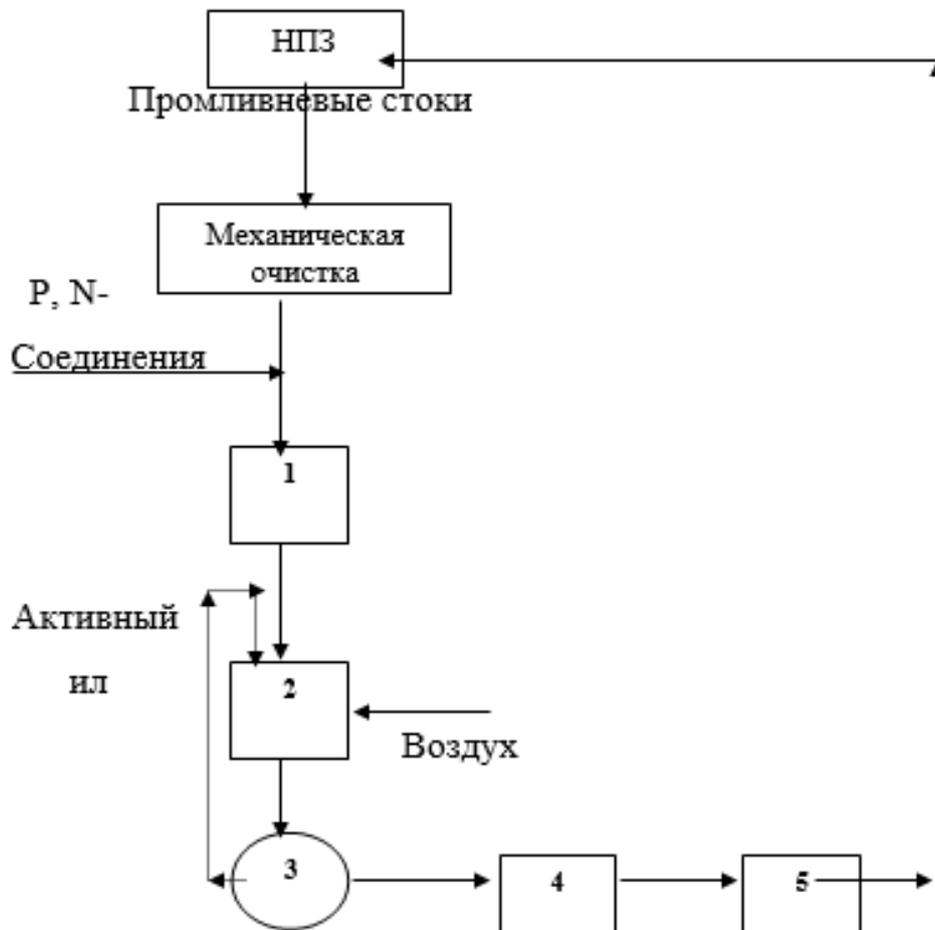
Примером предприятия с замкнутой водооборотной системой могут служить обогатительные фабрики медеплавильных заводов. Исследования показали, что существенного влияния на технологический процесс обратная вода не оказывает и может быть использована во всех технологических операциях. Сточные воды

БЖД ООС

обогатительных фабрик транспортируются в хвостохранилище на расстояние 2,5 км откуда, после отстаивания твердых частиц и частичной, естественной очистки от солей и реагентов, направляются через коллектор в оборотную систему водоснабжения и вновь используются в технологическом процессе. При оборотном водоснабжении на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) внедряется биохимическая очистка. Ранее в оборотные системы водоснабжения возвращались только механически очищенные промливневые сточные воды. Низкое качество оборотной воды, загрязненной органическими и взвешенными веществами, приводило к сильным биообрастаниям градирен, коррозии, образованию накипи на теплообменной аппаратуре. Использование в оборотных системах водоснабжения биохимически очищенных промливневых сточных вод, вместо механически очищенных, позволяет уменьшить степень биообрастаний в три раза, коррозии на 34%, образования накипи на 68%, уменьшить сброс стоков в водоем и потребление речной воды. Промливневые стоки первой системы канализации НПЗ перед поступлением на биохимическую очистку проходят механическую очистку: ливнесброс, песколовки, нефтеловушки, пруд дополнительного отстаивания, песчаные фильтры или флотаторы. После механической очистки промливневые сточные воды направляются на биологические очистные сооружения. В смеситель 1 подается раствор фосфор- и азот- содержащих соединений (фосфора до 3 и азота до 15 мг/л), если эти соединения отсутствуют в промышленном стоке. Далее сточные воды направляются в аэротенки 2, в которых активный ил, при интенсивной аэрации, адсорбируется и в присутствии кислорода воздуха окисляет значительную часть органики.

Для биохимической очистки промливневых сточных вод НПЗ применяются аэротенки-смесители или аэротенки с рассредоточенной подачей сточных вод. Аэротенки работают в комплексе со вторичными отстойниками 3, в которых происходит отделение очищенной сточной воды от активного ила. Циркулирующий активный ил из вторичных отстойников для восстановления свойств направляется в регенераторы, в которых происходит окончательное окисление органических веществ. Из регенераторов активный ил поступает в аэротенки. Очищенные промливневые стоки после вторичных отстойников (для уменьшения содержания взвешенных веществ) проходят доочистку на барабанных сетчатых или песчаных фильтрах и возвращаются в оборотные системы водоснабжения НПЗ.

Принципиальная схема биохимической очистки и повторного использования промливневых сточных вод нефтеперерабатывающего завода.



Где:

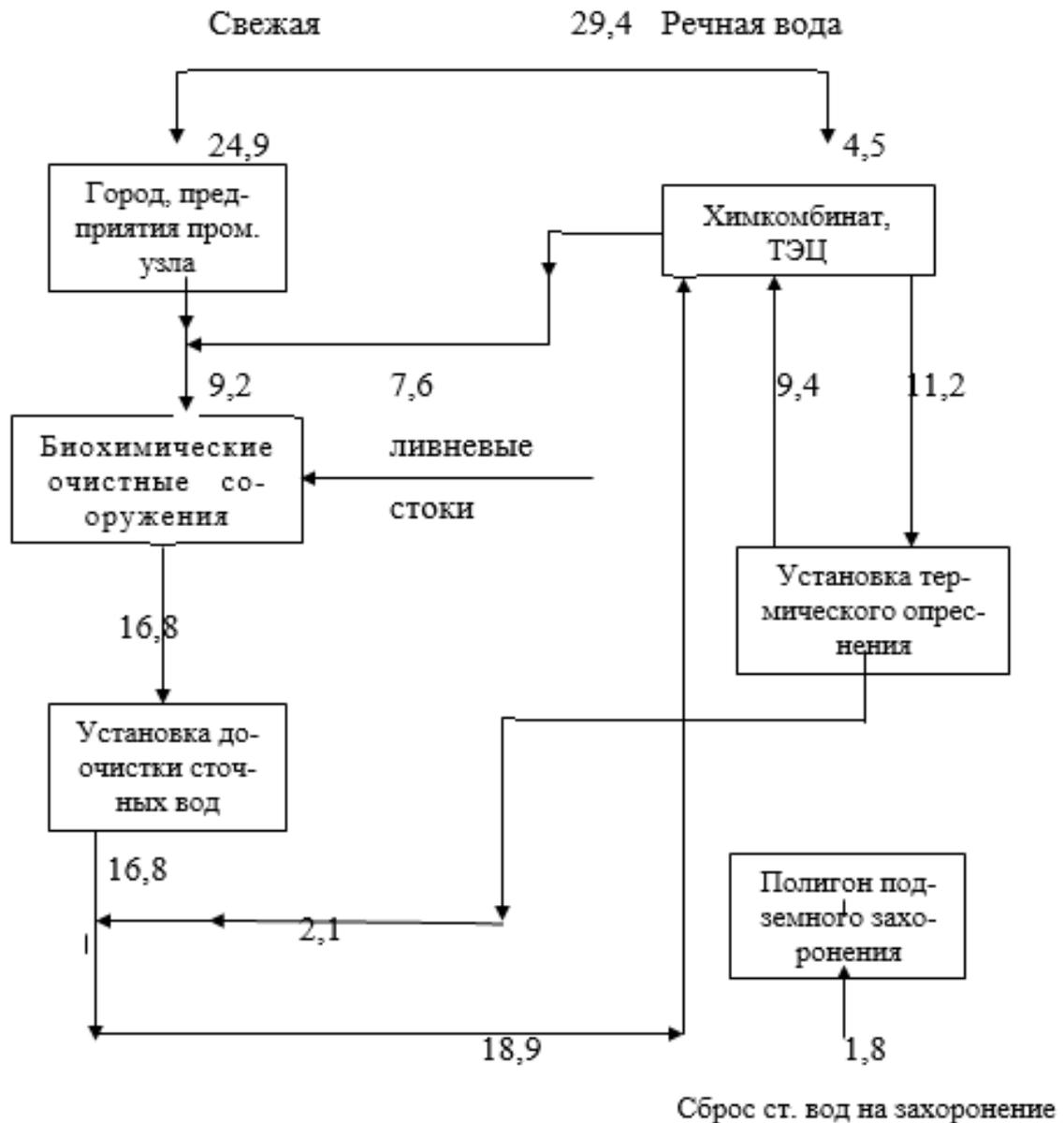
1-смеситель; 2-аэротенки; 3-вторичные отстойники; 4-доочистка; 5-насосная станция.

Первомайский химкомбинат расположен в районе, где неограниченные ресурсы сырья, но ограниченные ресурсы промышленной воды и нет возможности для сброса сточных вод. Возникла необходимость создания замкнутого цикла водоснабжения, при котором полностью исключается сброс сточных вод в водоемы, а потребление свежей воды из источников предусматривается только для пополнения безвозвратных потерь (5% от находящейся в водообороте воды). В замкнутый цикл водооборота комбината включены сточные ТЭЦ, города и всех предприятий промышленного узла. В комплексной схеме сточные воды технологических производств и ТЭЦ включены в локальные производственные циклы с очисткой стоков на определенной ступени цикла. В канализацию направляется только стоки, очистка которых предусмотрена на общекомбинатских специальных сооружениях. По характеру загрязнений и принятым в схеме методам очистки на общекомбинатских сооружениях предусмотрены следующие виды канализации:

БЖД ООС

1. органически загрязненная; 2 минерально-загрязненная; 3 с большой минерализацией (более 3 г/л); 4 хозяйственно-бытовая; 5 условно-очистных и ливневых стоков.

Принципиальная комплексная схема и баланс водопотребления и использования сточных вод Первомайского химкомбината, ТЭЦ, города и предприятий промышленного узла (в тыс. м<sup>3</sup>/сут.).



Органически загрязненные и хозяйственно-бытовые стоки проходят отдельно механическую и химическую очистку, затем совместную биологическую и сбрасываются в буферный пруд.

Таблица 5

## Сравнительные данные о водопотреблении и использовании сточных вод до внедрения комплексной системы очистки и после ее внедрения

Водопотребление	До внедрения комплексной	После внедрения комплексной
Расход свежей речной воды (всего) тыс. т/сут., в т.ч. химкомбинат	175,6 150,7	29,4 4,5
Общий водооборот, тыс. т/сут.	688,4	688,4
Сброс сточных вод на биохимочистку, тыс. т/сут., в т.ч. с химкомбината	137,2 128,1	16,8 7,6
Сброс сточных вод в реку,	139,3	-
Сброс ст. вод на захоронен.,	-	1,8
Возврат сточн. вод в	71,5	95,7

Условно-чистые и ливневые стоки сбрасываются в пруд без очистки. После усреднения и отстоя сточные воды фильтруются и перекачиваются на глубокую доочистку методами адсорбции. Очищенная вода поступает на пополнение оборотных систем промышленного водоснабжения. Сточные воды с большой минерализацией проходят доочистку и опреснение на многокорпусной выпарной установке. Опресненная вода используется в качестве питательной воды на ТЭЦ и на технологические нужды, концентрированные рассолы направляются на подземное захоронение.

Комплексной схемой предусмотрено получение дополнительной товарной продукции из отходов производства: 20 тыс. т. азотных удобрений, 3100 т. сульфата натрия, 5 тыс. т. поливиниловых плиток, 2 тыс. т. органических удобрений, 14 тыс. т. белково-витаминного концентрата, 30 тыс. м<sup>3</sup>/год раствора гипохлорита натрия. Экономический эффект достигается из-за получения дополнительной товарной продукции, из-за исключения возможности нанесения ущерба народному хозяйству, уменьшаются эксплуатационные затраты на перекачку воды.

В промышленности до 45% всего количества потребляемой воды расходуется в теплообменных аппаратах на охлаждение. Переход от водяного охлаждения к воздушному позволит сократить на 70-90% потребление воды на ряде предприятий нефтехимической, химической, металлургической и других отраслей промышленности.

**Безотходная технология** – это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, ТПК), при котором наиболее рационально и комплексно

БЖД ООС

используются сырье и энергия в цикле сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы, таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

Здесь выделяется три основных положения.

1. Подчеркивается необходимость использования сырьевых ресурсов в цикле, включающем также и сферу потребления, а это значит, что такой замкнутый цикл может быть только на уровне ТПК. ⇒ т.е. безотходное производство должно быть практически замкнутой системой, организованной по аналогии с природными экосистемами.

2. Обязательное включение в производство и потребление всех компонентов сырья. При этом должно быть обеспечено максимально возможное использование и потенциала энергетических ресурсов, естественно ограниченное вторым законом термодинамики. Здесь также проводится прямая аналогия с природными экосистемами, которые, будучи практически замкнутыми, не являются изолированными, т.к. через них проходит поток энергии.

3. Сохранение (с учетом возможного теплового загрязнения) сложившегося экономического равновесия. Другими словами, ущерб окружающей среде, наносимый производством, не должен быть выше допустимого уровня.

В широком смысле понятия «безотходная технология» касается не только технологических процессов, но и совокупности организационных и управленческих мероприятий, проектных и научно-исследовательских работ.

Создание безотходных технологий – длительный процесс, поэтому в качестве промежуточного этапа для практических целей допустимо использование малоотходного производства. Малоотходное производство - это такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, при этом по техническим, организационным, экономическим или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

Необходимо подчеркнуть, что главное в безотходном производстве не переработка отходов, а организация производства таким образом, чтобы в самом процессе переработка сырья использовались все его компоненты. Безотходные технологические процессы существуют, но это большая редкость, безотходные производства встречаются чаще, а безотходный ТПК может быть организован практически всегда, но не на любой территории. Количественными оценками безотходности производства является степень использования в технологических процессах сырья и материалов (общего критерия нет). В угольной промышленности введен коэффициент безотходности производства (%):

$$K_6 = 0,33 (K_m + K_{ж} + K_2),$$

Где:  $K_т$  – коэффициент использования породы (%), образующийся в результате горных работ;

$K_{ж}$  – коэффициент использования попутно забираемой воды (%), образующийся при добыче угля;

БЖД ООС

$K_r$  – коэффициент использования пылегазовых отходов (%). В случае использования наряду с вновь образующейся породой также отвалов прошлых лет коэффициент безотходности может быть  $>100\%$ .

В химической промышленности также введен коэффициент безотходности, разработана и введена в действие специальная методика его определения и отнесения соответствующих технологических процессов и категории безотходных, малоотходных и рядовых. Коэффициент безотходности характеризует полноту использования в производстве материальных и энергетических ресурсов, а также интенсивность воздействия этого производства на окружающую среду:

$$K_b = f \cdot K_m \cdot K_z \cdot K_a$$

где,  $K_b$  – коэффициент безотходности, безразмерная величина  $0 \leq K_b \leq 1$ ;

$f$  – коэффициент пропорциональности, определяемый эмпирически;

$K_m$  – коэффициент полноты использования материальных ресурсов;

$K_z$  – коэффициент полноты использования энергетических ресурсов;

$K_a$  – коэффициент соответствия экологическим требованиям.

В соответствии с этой методикой к малоотходным относятся производства, характеризующиеся величиной  $K_m$ , равной не менее 0,8-0,9 (в зависимости от мощности предприятия), а к безотходным не менее 0,9-0,98 (в зависимости от их мощности).

Для практических целей значение коэффициента безотходности, равное 75-90%, можно принять в качестве количественного критерия малоотходного, а 90-98% - безотходного производства.

С целью обобщения и систематизации особенностей безотходного производства можно выделить ряд взаимосвязанных принципов, лежащих в его основе:

- принцип системности (учитывает взаимосвязь производственных, социальных и природных процессов);
- принципы комплексного использования сырьевых и энергетических ресурсов (имеют экологическое и экономическое значение);
- принцип цикличности материальных потоков (важнейшие из них – замкнутые водооборотные циклы).
- принцип экологической безопасности (важнейшее его следствие – сохранение здоровья населения);
- принцип рациональной организации (при этом подразумевается, что увеличение объема производства и расширение номенклатуры выпускаемой продукции не приводят к не восполненным потерям природных ресурсов в регионе).

Создание безотходных технологий на любом уровне требует одновременного соблюдения всех перечисленных принципов, при этом важнейшим условием существования его остается система обезвреживания, хранения и захоронения отходов, в первую очередь токсичных. При организации малоотходных и безотходных производств большое значение имеет их комбинирование и межотраслевое кооперирование на базе комплексной переработки сырья и утилизации отходов. Примерами такого комбинирования может служить создание

производства карбамида, образующегося на основе диоксида углерода при производстве аммиака.

## **Создание малоотходных и безотходных производств является весьма сложной задачей, выдвигающей особые требования.**

### К технологическим процессам:

1. Разработка принципиально новых процессов, при внедрении которых существенно снижается или практически исключается образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду.

2. Комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциальных энергоресурсов.

3. Возможность максимальной замены первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными.

4. Внедрение непрерывных процессов.

5. Интенсификация, автоматизация процессов.

6. Создание энерготехнологических процессов и т.д.

### К сырью, материалам, энергоресурсам:

1. Обоснованность их качества.

2. Предварительная оценка и деление сырья и топлива на нетрадиционные, местные, полезно добываемые.

### К готовой продукции:

1. Обеспечение возможности и условий возвращения продукции в производственный цикл после физического и морального износа.

### К обезвреживанию и ликвидации не утилизируемых отходов:

1. Обоснование конкретных способов обезвреживания и ликвидации, включая конструкции установок и сооружений.

2. Оценка возможного воздействия на окружающую среду в зависимости от способа обезвреживания и ликвидации.

### К организации производства:

1. Цикличность потоков вещества (замкнутые циклы).

2. Возможность комбинирования производств на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов.

3. Возможность отраслевой кооперации производств на основе переработки и утилизации вторичных ресурсов.

4. Обоснованность района и площадки строительства с учетом фонового загрязнения окружающей среды, перспектив развития данного производства и др. производств в районе.

5. Разработка нормативов, ограничивающих воздействие на окружающую среду.

6. Учет неорганизованных, залповых и др. кратковременных выбросов.

7. Организация непрерывного контроля состояния окружающей среды в районе предприятия.

8. Совершенствование экологической службы промышленных предприятий.

К экономической деятельности:

1. Учет стоимости дополнительно производимой продукции, сэкономленных природных ресурсов и предотвращаемого народно-хозяйственного и экономического ущерба.

Загрязнение окружающей среды приводит к возникновению 2-х типов затрат в народном хозяйстве: - затраты на предупреждение воздействия (ущерба) загрязненной среды на отдельные виды объектов (обычно называемых реципиентами) и затрат, вызываемых самим воздействием (ущербом, причиняемым окружающей среде соответствующими выбросами).

Укрупненная экономическая оценка годового ущерба, причиняемого выбросами в атмосферу, для любого источника в соответствии с этой методикой определяется по формуле:

$$Y = v G f \mu,$$

Где:  $Y$  – величина ущерба, руб./год;

$v$  – удельный ущерб от выбросов единицы условной массы загрязняющих веществ, равной 2,4 руб./усл.т.;

$G$  – безразмерный показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха над территориями различного типа;

$f$  – безразмерная поправка, учитывающая характер рассеивания загрязнений в атмосфере;

$\mu$  – приведенная условная масса выброса загрязнений из источника, усл.т/год.

Расчетные формулы для почв и водоемов такие же.

Основным показателем технико-экономической целесообразности внедрения варианта схемы малоотходного и безотходного производства является экономический эффект, достигаемый при реализации проектного варианта, равный суммарной годовой стоимости получаемых продуктов за вычетом суммарных приведенных затрат на их получение и годового ущерба от нарушений в окружающей среде:

$$C + Ek + Y,$$

Где:  $C$  – текущие затраты на выпуск продукции;

$E$  – нормативный коэффициент, равный 0,15;

$k$  – капитальные вложения;

$Y$  – ущерб.

## Источники воздействия на окружающую среду

### Источники загрязнения атмосферы

Основные источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на естественные (природные) и искусственные (антропогенные). К естественным относятся: извержение вулканов, пыльные бури, лесные и степные пожары, туманы, частицы морской воды, тонкий песок пустынь и пыль от эрозии почвы,

БЖД ООС

различные продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Естественные источники загрязнений носят либо распределительный, либо кратковременный, стихийный характер и мало влияют на общий уровень загрязнения. Главными и наиболее опасными источниками загрязнения атмосферы является антропогенные. Мировое хозяйство ежегодно выбрасывает в атмосферу более 15 млрд.т. CO<sub>2</sub>; 200 млн.т CO; более 500 млн.т C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>; 120 млн.т золы и др. Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет более 19 млрд.т.

На территории России выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (1991 г.) составили около 53 млн.т., в т.ч. промышленностью – 32 млн.т. (61%), автотранспортом – 21 млн.т. (39%). Основные загрязняющие вещества в промышленности: SO<sub>2</sub> – 9,2 млн.т; CO – 7,6 млн.т; твердые вещества – 6,4 млн.т; C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> – 3,5 млн.т.; NO<sub>x</sub> – 3,0 млн.т; на автотранспорте – CO – 16,8 млн.т; C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> – 3,2 млн.т; NO<sub>2</sub> – 1,0 млн.т.

Вещества, загрязняющие атмосферу, могут быть твердыми, жидкими и газообразными и оказывать вредное воздействие непосредственно, после химических превращений в атмосфере, либо совместно с другими веществами.

Промышленная пыль образуется в результате механической обработки различных материалов (дробление, взрывание, заполнение, и т. п.), тепловых процессов (сжигание, прокаливание, сушка, плавление), транспортировки сыпучих материалов (погрузка, просеивание, классификация).

Жидкие загрязняющие вещества образуются при конденсации паров, распылении и разливе жидкостей в результате химических реакций.

Газообразные загрязнители формируются в результате химических реакций, например, окисления, обжига руд и нерудного минерального сырья (цветная металлургия, производство цемента).

При сжигании топлива образуется огромное количество газообразных соединений – оксиды серы, азота, углерода, тяжелых и радиоактивных металлов. Реакции восстановления также являются источником газообразных загрязняющих соединений, например, производство кокса, соляной кислоты, аммиака. Мощным источником газообразных соединений являются химические реакции разложения (производство фосфорных удобрений), электрохимические процессы (производство алюминия), выпаривание, дистилляция. Из всей массы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от антропогенных источников, около 90% составляют газообразные, 10% - твердые и жидкие вещества.

**Главными источниками загрязнения атмосферы являются:**

1. Тепловые электростанции и теплоцентрали, сжигающие органическое топливо.
2. Транспорт.
3. Черная и цветная металлургия.
4. Машиностроение.
5. Химическое производство.
6. Добыча и переработка минерального сырья.
7. Открытые источники (добыча, сельскохозяйственные пашни, строительство).

БЖД ООС

Тепловые электростанции и теплоцентрали, сжигающие органическое топливо, относятся к наиболее распространенным и мощным источникам выбросов вредных веществ в атмосферу. Все виды топлива, используемого в настоящее время в промышленности и коммунальном хозяйстве, можно разделить на твердое (уголь, торф, горючие сланцы), жидкое (нефть, мазут) и газообразное (газ).

## Основные источники загрязнения атмосферного воздуха

Основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферу при сжигании топлива, являются твердые частицы (зола, сажа), оксиды серы ( $SO_2$ ,  $SO_3$ , оксиды азота ( $NO$  и  $NO_2$ ). При неполном сгорании топлива в газообразных выбросах могут накапливаться оксиды углерода ( $CO$ ), углеводороды типа  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ , полициклические ароматические углеводороды, в т.ч. бензапирен ( $C_{20}H_{12}$ ), а также пятиокись ванадия ( $V_2O_5$ ). Последние два соединения относятся к классу чрезвычайно опасных. Диоксид серы  $SO_2$  и триоксид серы  $SO_3$  являются главными компонентами загрязнения природной среды при сжигании топлива. Ежегодный их выброс превышает 150 млн.т,

Таблица 6

Группа	Аэрозоли	Газообразные выбросы
Котлы и промышленные печи	зола, сажа	$NO_2SO_2$ , $CO$ , альдегиды ( $HCHO$ ), органические кислоты, бензапирен
Автомобильные двигатели	сажа	$CO$ , $NO_2$ , альдегиды $C_2H_4$ , неканцерог. бензапирен
Нефтеперерабатывающая промышленность	пыль, сажа	$SO_2$ , $H_2S$ , $NH_3$ , $NO_2$ $CO$ , углеводород, мернантаны, кислоты, альдегиды, кетоны, канцерогенные вещества
Химическая промышленность	пыль, сажа	В зависимости от процесса $H_2S$ , $CS_2$ , $CO$ , $NH_3$ , кислоты, органические вещества, растворители, летучие вещества, сульфиды и др.
Металлургия и коксохимия	пыль, оксиды железа	$SO_2$ , $CO$ , $NH_3$ , $NO_2$ , фтористые соединения, цианистые соединения, органические вещества, бензапирен
Горная промышленность	пыль, сажа	В зависимости от процесса ( $CO$ , фтористые соединения),

БЖД ООС

		<b>органические вещества.</b>
<b>Пищевая промышленность</b>	<b>пыль</b>	<b>NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, (многокомпонентные смеси органических соединений)</b>
<b>Промышленность строительных материалов</b>	<b>пыль</b>	<b>СО, органические соединения</b>

из которых 60-80% образуются при сжигании топлива. Электростанция мощностью 800 МВт, потребляющая порядка 6 млн.т. низкосортного бурого угля со средним содержанием серы 1,5% ежегодно выбрасывает в атмосферу 85 тыс.т. серы, что соответствует 165 тыс.т. SO<sub>2</sub> и 5 тыс.т. SO<sub>3</sub>. Оксиды азота образуются в топках при сжигании топлива в виде закиси NO, которая окисляется при высокой температуре и избытке воздуха кислородом до NO<sub>2</sub>. В атмосфере окисление происходит за счет озона. В среднем при сжигании газа и мазута концентрация NO<sub>2</sub> в уходящих газах составляет 0,6-0,8 г/м<sup>3</sup>, при сжигании твердых топлив – около 1 г/м<sup>3</sup>. Диоксид азота обладает в 7 раз большей токсичностью, чем NO. Более 95% от общего количества выброса оксидов азота (51 млн.т/год) поступают в атмосферу при сжигании жидкого и газообразного топлива. Тепловые электростанции следует рассматривать не только как загрязнители атмосферного воздуха оксидами серы, азота и твердыми частицами, но также и элементарными примесями в числе которых имеются весьма токсичные – бериллий, мышьяк, селен, ванадий, кадмий, ртуть, теплые металлы и естественные радионуклиды (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>xo</sup>K) ⇒ могут быть сравнены с АЭС, работающими в безаварийном режиме. Среди химических канцерогенов в выбросах ТЭС ведущее место занимают полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), образующиеся при сжигании топлива и его термической переработке.

Автотранспорт и др. транспортные средства относятся к мобильным источникам, определяют общий уровень загрязнения атмосферы городов, причем выброс происходит вблизи органов дыхания человека. В состав выхлопных газов карбюраторных и дизельных двигателей входит около 200 химических соединений, из которых наиболее токсичны оксиды углерода, азота, углеводорода, в т.ч. полициклические ароматические углеводороды (бензапирен и т.д.). При сжигании 1 л. бензина в воздух поступает 200-400 мг свинца, входящего в состав присадки. Транспорт также является источником пыли, возникающей от разрушения дорожных покрытий и истирания шин. Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработавших газов, зависит от типа двигателя, режима его работы и общего технического состояния автомобиля. Так, при нарушении регулировки карбюратора выбросы СО увеличиваются в 4-5 раз.

Таблица 7

**Концентрация СО и бензапирена в выхлопных газах бензинового двигателя**

<b>Режим работы</b>	<b>СО, об.%</b>	<b>Бензапирен,</b>
<b>Холостой ход</b>	<b>2,5-3</b>	<b>4000</b>
<b>Разгон</b>	<b>2,0-5,0</b>	<b>10000</b>
<b>Равномерное</b>	<b>0,5-1,0</b>	<b>до 4000</b>
<b>Торможение</b>	<b>до 4,5</b>	<b>до 28000</b>

Черная и цветная металлургия.

При размоле угля, загрузке шахты в батареи и выгрузке кокса на коксохимических производствах образуются угольная пыль и сажа. Количество газообразных выбросов составляет 3-5 м<sup>3</sup>, смолистых веществ 0,2-0,5 кг. на 1 т. используемого угля при коксовании. Считается, что наиболее серьезное загрязнение воздуха происходит при тушении кокса, в процессе которого выделяется в среднем (кг/т): 0,01-0,04 гидросульфида, 0,05 аммиака, 0,006 цианида, 0,08-01 фенола. При нагревании коксовых батарей коксовым и колосниковым газом в отходящих газах может содержаться до 2 г/м<sup>3</sup> диоксида серы и 0,2-1,0 г/м<sup>3</sup> диоксида азота. При производстве чугуна (агломерация) концентрация пыли в газе составляет от 2-7 до 15-20 г/м<sup>3</sup>. Средний состав пыли (%): железа – 50, оксидов кремния, кальция, алюминия – примерно по 10, оксидов углерода, серы и магния примерно по 2. Кроме того, газ содержит азот, около 10-20% кислорода, 5-10% диоксида углерода, до 5% диоксида серы.

Таблица 8

**Характеристика атмосферных выбросов металлургических предприятий**

Производство	Доля выброса, %			
	пыль	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
<b>Агломерационная фабрика</b>	<b>34,3</b>	<b>82,5</b>	<b>62,5</b>	<b>25,0</b>
<b>Коксовый цех</b>	<b>11,1</b>	<b>0,9</b>	<b>7,5</b>	<b>7,0</b>
<b>Доменный цех</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>2,7</b>	-
<b>Конвертерный цех</b>	<b>8,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	-
<b>Мартеновский цех</b>	<b>4,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>15,0</b>
<b>Прокатный цех</b>	-	<b>3,0</b>	-	<b>8,0</b>
<b>Ремонтный цех</b>	<b>1,1</b>	<b>0,2</b>	<b>4,3</b>	-
<b>Транспорт</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>5,0</b>	-
<b>Газовое хозяйство</b>	-	-	<b>7,5</b>	-
<b>Цех огнеупоров</b>	<b>2,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	-
<b>Энергетические установки</b>	<b>36,9</b>	<b>7,5</b>	-	<b>40,0</b>

Доменный (колосниковый) газ, образующийся при горении кокса, состоит из диоксида углерода и азота, зависит от вида сырья, содержание ее в колосниковом газе составляет 20-300 кг/т сырого чугуна, концентрация 10-200 г/м<sup>3</sup>. Пыль состоит из частиц железа, топлива, флюсов, присадок. В кислородных конверторах пыль на 80-85% состоит из оксидов железа. В литейном производстве при плавке чугуна происходит выделение серы в процессе сгорания кокса. Диоксид серы выделяется и в сталелитейном производстве при сжигании колосникового газа, нефти и кокса, содержащих серу. Мартеновские печи и кислородные конверторы вследствие высоких температур процесса являются источником оксида азота.

Электролитическое получение алюминия сопровождается выделением фтора (твердые фториды, гидрофториды и газообразные соединения). Удельный выброс фтора может достигать, при отсутствии мероприятий по его подавлению, 15-20 г. на 1 т. алюминия.

Цветная металлургия является мощным источником газообразных выбросов диоксида серы, оксидов мышьяка, свинца, сурьмы, меди.

В машиностроительном и металлообрабатывающем производстве в литейных и кузнечно-прессовых и механических цехах, выделяется пыль, содержащая оксиды железа, марганца, магния, алюминия, фосфора и др. Литейный цех на 100 тыс.т. литья при эффективности пылеулавливания 70-80% выбрасывает в атмосферу до 1 тыс.т. пыль в год. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов). Пыль может содержать  $MO$ ,  $CrO_2$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $NF$ . При газовой резке металлов выделяются токсичные соединения хрома, никеля, марганца,  $CO$ ,  $NO_2$ , а при плазменной резке образуется еще и озон. В гальванических цехах в вентиляционный воздух ванн травления выделяются пары серной, соляной, азотной, плавиковой кислоты, концентрация которых составляет 30-50 мг/м<sup>3</sup>. Особой токсичностью отличаются растворы цианистых солей (при цианистом цинковании), хромовой и азотной кислоты.

Химическое производство.

Наиболее важными источниками загрязнения атмосферы и по объему продукции, и по токсичности являются хлор, оксиды азота, диоксид и триоксид серы, хлористый водород, сероводород, фтористый водород, дисульфид углерода, фтор и его соединения. Из органических соединений: тиолы углеводороды и их хлорпроизводные, альдегиды, кетоны и органические кислоты.

Таблица 9

**Выбросы загрязняющих веществ в химическом производстве**

<b>химическое производство</b>	<b>загрязняющие вещества</b>
<b>серной кислоты</b>	<b>оксиды серы, серная кислота</b>
<b>азотной кислоты</b>	<b>оксиды азота</b>
<b>хлора и гидроксида натрия</b>	<b>хлор, хлорсодержащие</b>
<b>вискозного волокна</b>	<b>сероводород, дисульфида</b>
<b>суперфосфата</b>	<b>соединения фтора</b>
<b>фтористо-водородной кислоты</b>	<b>соединения фтора</b>
<b>фосфорной кислоты</b>	<b>соединения фосфора</b>
<b>сложных удобрений</b>	<b>фтор</b>
<b>целлюлозы</b>	<b>гидросульфит, диоксид серы</b>
<b>очищенной нефти</b>	<b>оксид углерода, альдегиды,</b>

При добыче и переработке минерального сырья атмосфера загрязняется в процессе изменения и обжига природных и искусственных материалов, при котором в зависимости от эффективности пылеулавливания в атмосферу может поступать до 2% перерабатываемой массы материала и плавлении может происходить газообразный выброс. На угольных шахтах и обогатительных фабриках основными загрязнителями воздуха прилегающих территорий являются горячие породные отвалы (терриконы и др.). Основными продуктами окисления и газификации углистых пород терриконов являются  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  и др. Ежегодно в земную атмосферу из подземных горных выработок шахт и рудников поступает около 0,2 млн.т. пыли, более 27 млрд.м<sup>3</sup> метана и 16,8 млрд.м<sup>3</sup>  $CO_2$ . Открытая разработка месторождений полезных ископаемых обычно

## БЖД ООС

характеризуется более интенсивным загрязнением атмосферы вредными веществами: пылью и газообразными продуктами образующимися при массовых взрывах и работе транспорта (СО, СО<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, углеороды, альдегиды).

При производстве строительных материалов источниками поступления в атмосферу твердых частиц являются цементные заводы, известковые печи, установки по производству магнезита, печи по обжигу кирпича, карьеры, предприятия по выпуску изоляционных материалов, керамические заводы, оборудование и установки по производству асфальта. В состав твердых частиц цементных и известковых заводов, загрязняющих атмосферу, входят: карбонат кальция, оксид кальция, цементный клинкер, шлак, цемент, глина, уголь и др. При обжиге кирпича могут возникнуть выбросы соединений фтора и диоксида серы, в стекольной промышленности возможны выбросы фтора и оксидов азота.

В сельскохозяйственном производстве атмосферу загрязняют животноводческие и птицеводческие фермы, агропромышленные комплексы по производству мяса, энергетические и теплосиловые предприятия, пестициды. В районе расположения помещений для содержания скота и птицы в атмосферный воздух могут поступать и распространяться на значительные расстояния аммиак, сероуглерод и др. дурно пахнущие газы. К источникам распространения пестицидов относятся склады, сами поля, на которые в том или ином виде вносятся пестициды и минеральные удобрения.

## Источники загрязнения водных объектов

По происхождению сточные воды подразделяются на несколько групп:

1. Хозяйственно-бытовые.
2. Промышленные.
3. Поверхностный сток предприятий и населенных пунктов.
4. Сельскохозяйственные.
5. Рудничные и шахтные воды.

Хозяйственно-бытовые воды содержат большое количество органических и минеральных веществ в растворенном и взвешенном состоянии. Они образуются в жилых и общественных зданиях, на территориях, при приготовлении пищи, после санитарных уборок, стирки и т.п. Согласно расчетам от одного жителя в сутки в систему водоотведения поступает: взвешенных веществ – 65 г.; органических (по БПК<sub>п</sub>) в неосветленной жидкости – 70 г; в осветленной – 4- г.; азота аммонийного –8; фосфатов (по ангидриду); 3,3 г; в т.ч. от моющих веществ – 1,6; хлоридов – 9г; поверхностно-активных веществ – 2,5 г. Концентрации указанных загрязнителей в сточных водах зависят от норм водоотведения в данном населенном пункте и определяется из выражения:

$$C = \frac{a}{n \cdot 1000},$$

где: **a** – норма загрязнения, г/сут;

БЖД ООС

$n$  – удельная норма водоотведения, л/сут.жит. (зависит от степени санитарного благоустройства зданий и климатических условий, принимается по нормам или из данных управлений "Водоканал").

Промышленные сточные воды отличаются большим разнообразием состава и концентрацией загрязняющих веществ, определяемых характером производства, а также системой водоснабжения и водоотведения. На промышленных предприятиях до 90% воды расходуется на охлаждение продуктов или аппаратов в технологических процессах, и сточная вода имеет лишь тепловое загрязнение (I категория). II категория, - когда воды служат в качестве поглощающих и транспортирующих нерастворимые дисперсные примеси и частично растворимые соли, которыми и загрязняются. Воды III категории аналогичны по происхождению II, но дополнительно нагреваются при контакте с продуктами. Воды IV категории являются непосредственно реакционным компонентом и загрязнены всеми компонентами технологического процесса. Сточные воды предприятий по составу подразделяются на три вида:

- производственные – использованные или сопутствующие технологическому процессу, которые в свою очередь можно разделить на загрязненные и нормативно чистые;

- бытовые – от санитарных узлов и пищеблоков, душевых установок;

- атмосферные – дождевые, талые, к ним можно отнести и поверхностные после полива территорий.

Все многообразие производственных сточных вод по характеру основных загрязнений можно отнести к трем группам:

- содержащие минеральные примеси (металлургия, машиностроение, производство строительных материалов, минеральных кислот, удобрений и т.д.);

- содержащие органические примеси (мясная, рыбная, консервная, пищевая и т.д.);

- содержащие органоминеральные примеси (нефтедобывающие нефтеперерабатывающие, текстильные и др.)

По концентрации (мг/л) загрязненные промстоки подразделяются на четыре группы:

- слабо концентрированные (0-500);

- средне концентрированные (500-5000);

- концентрированные (5000-30000);

- высококонцентрированные (более 30000);

по агрессивности:

- неагрессивные pH 6,5-8;

- слабоагрессивные pH от 6-6,5 до 8-9;

- сильноагрессивные pH и > 9.

Поверхностный сток промышленных предприятий и населенных пунктов формируется за счет дождевых, талых и поливомоечных вод. К основным факторам, определяющим объем поверхностного стока относятся:

- 1) интенсивность выпадения атмосферных осадков и их продолжительность;

- 2) общая площадь городской территории, характер ее застройки;

- 3) рельеф местности.

БЖД ООС

Концентрация загрязняющих веществ в поверхностном стоке колеблется в широких пределах и зависит от отраслевой принадлежности предприятий. В целом преобладают взвешенные (130-11300 мг/л), органические вещества, нефтепродукты, биогенные элементы, тяжелые металлы. Высокие концентрации взвешенных веществ, нередко обогащенных тяжелыми металлами, что характерно для металлургических заводов, горно-обогатительных комбинатов, предприятий стройиндустрии. Максимальные концентрации органических загрязнений наблюдаются в стоках предприятий пищевой и легкой промышленности. В ряде случаев возможно загрязнение патогенной микрофлорой.

Сельскохозяйственные стоки подразделяются на стоки животноводческих комплексов, поверхностный сток с полей, коллекторно-дренажные воды. В стоках животноводческих комплексов основными загрязняющими компонентами являются органическое вещество, азот, фосфор, растворенные вещества составляют 20-35%, взвешенные 65-80% от общего объема. Значительную роль в загрязнении поверхностных водных объектов может играть сток с открытых откормочных площадок. Состав поверхностного стока, ливневых и талых вод с сельскохозяйственных угодий содержит вещества, применяемые в качестве удобрений и средств защиты растений: азот, фосфор, калий пестициды. В условиях длительного применения высоких доз удобрений в поверхностные и грунтовые воды поступает до 20% внесенного азота и 1,5-2% фосфора.

Таблица 10

**Вынос пестицидов с сельскохозяйственных угодий**

Физ.-географич. зона	Гексахлорциклогекса н	Метафос	Хлорофос+Д Д+ДФ
Степная	4,7 г/га - 0,04% от	35,52 г/га -	144,8 г/га -
Смешанных	0,81 г/га - 0,007%	91,5 г/га -	350,0 г/га -

Орошение земель приводит к вымыванию из них легкорастворимых солей, в первую очередь сульфатов и хлоридов. Минерализация коллекторно-дренажных вод изменяется в пределах 1-1,5 г/л, их состав преимущественно хлоридно-сульфатно-натриевый, шахтные и рудничные воды часто имеют высокую минерализацию, кислую реакцию среды и содержат большое количество рудных элементов.

Таблица 11

**Химический состав шахтных вод Донбасса, мг/л**

область	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
Донецкая	148	97	641	405	1125	408
Луганская	203	132	398	402	1130	274

Поступление химических элементов в шахтные и рудничные воды связано с усилением процессов выветривания и разложения рудных минералов, разрыхлением и перемещением больших масс горных пород.

Таблица 12

**Содержание химических элементов в рудных водах, мг/л**

Месторождение	N	F	C	N	C	Z	Cd	P
---------------	---	---	---	---	---	---	----	---

БЖД ООС

Сульфидное, Николаевское	5	1 0	3 ,3	0 ,05	0 6	1 25	1	0,5 2	0, 0,
Золоторудное, ЮАР		4	3	3	1	5	2	0,0	0,
Среднее для вод зоны гипергенеза	,55	0 ,05	0 ,003	0	- ,006	0 ,034	0 003	0,0 002	0, 002

## Источники шума и вибрации

Шум и вибрация относятся к энергетическим или физическим видам загрязнения окружающей среды. Их негативное воздействие в большей мере проявляется в городах, особенно крупных. С физиологической точки зрения понятие шум включает звуковой процесс, оказывающий неблагоприятное воздействие на природную среду. Вибрация - это движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени по крайней мере одной координаты. Вибрация и звук в окружающей среде распространяются в виде колебательных волн, закономерности которых являются аналогичными. Во многих случаях шум является следствием вибрации. К основным источникам шума и вибрации можно отнести средства городского, железнодорожного и авиационного транспорта, промышленные предприятия и очень часто территории строительных площадок или места производства ремонтных работ. Интенсивный и продолжительный шум отрицательно влияет на производительность труда, самочувствию и здоровье человека, а также на животных и растения. С воздействием шума связывают нервное истощение и психические расстройства, повышение давления крови и содержания в ней холестерина (избыток которого приводит к образованию желчных камней, отложению холестерина в стенках сосудов, что нарушает обмен веществ), ослабление деятельности печени, ухудшение пищеварения и развитие язвенных болезней, ослабление зрительных реакций и др. Отрицательное воздействие вибраций во многом сходно с воздействием шума. Кроме этого она способствует более быстрому износу и разрушению зданий и сооружений, в т.ч. памятников архитектуры, может отрицательно влиять на наиболее точные технологические процессы. Органы слуха человека способны различать в виде звука колебания с частотой от 16 Гц (инфразвук), и до 20000 Гц (ультразвук). Физическое воздействие на человека оказывает звуковое давление, представляющее собой разность между мгновенным значением полного давления и средним значением давления в возмущенной и невозмущенной среде.

По характеру спектра шумы подразделяются на широкополосные, имеющие непрерывный спектр шириной более одной октавы, и тональные, в спектре которых есть слышимые дискретные тоны. По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные, уровень звука которых за время действия источника шума изменяется не более чем на 5 Дб при измерении на временной характеристике шумомера медленно, и непостоянные, для которых это изменение превышает 5 Дб. В свою очередь непостоянные шумы могут быть:

- 1) колеблющимися – уровень звука непрерывно изменяется во времени;

2) прерывистыми – уровень звука несколько раз за время измерения резко падает до уровня фонового шума, если источник шума работает с перерывами (паузами) между интервалами, в течение которых (1 сек. и более) уровень остается постоянным и превышает уровень фонового шума;

3) импульсивными, состоящими из одного или нескольких звуковых импульсов (сигналов), при этом длительность каждого менее одной секунды, а уровень звука в Дб, измеренные с использованием временных характеристик шумомера "медленно" и "импульс", отличаются не менее чем на 5 Дб.

Принято считать, что территория с уровнем шума более 80 Дб относится к дискомфортной, равным 60-80 Дб – к относительно дискомфортной, 40-60 Дб – относительно комфортной, менее 50 Дб – комфортной. Допустимые уровни вибрации, инфра - и ультразвука определяются санитарными нормами.

## Источники электромагнитного излучения

Устройства, генерирующие, передающие и использующие электрическую энергию, создают в окружающей среде электромагнитные поля (ЭМП). Электромагнитные поля создаются линиями электропередач (ЛЭП), а также вблизи открытых распределительных устройств (ОРУ).

Токи высокой частоты, создающие электромагнитные поля применяют для плавления металла в индукционных электропечах, для нагревания концов рельсов при их термообработке и т.д. Электромагнитную энергию применяют в радиовещании, телевидении. Радио - и телепередающие центры, радиолокационные системы являются источниками интенсивных полей радиочастотного, коротковолнового, ультракоротковолнового, сверхвысокочастотного диапазонов.

Таблица 13

### Спектр электромагнитных колебаний

Диапазон частот	Частота колебаний	Длина волны
Низкие частоты (НЧ)	0,003 Гц... 30 кГц	$10^7$ -10 км
Высокие частоты (ВЧ)	30 Гц... 30 МГц	$10^4$ -10 м
Ультравысокие частоты	30 МГц... 300 МГц	10-1 м
Сверхвысокие частоты	300 МГц... 300 ГГц	$10^3$ -1 м

Организм человека, находящегося в электромагнитном поле, поглощает его энергию, в тканях возникают высокочастотные токи с образованием теплового эффекта. Чем выше мощности поля, короче длина волны и продолжительное время облучения, тем выше отрицательное воздействие поля на организм человека. Для оценки биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека различают две зоны воздействия:

- зона индукции (ближняя);
- зона излучения (дальняя).

Ближняя зона расположена на расстоянии от источника, равном одной шестой от длины волны. В этой зоне магнитная составляющая напряженности

## БЖД ООС

поля выражена слабо и поэтому ее действие на окружающую среду незначительно. В дальней зоне проявляется эффект обеих составляющих поля – электрической и магнитной и эффект этот оценивают поверхностной плотностью потока энергии (ППЭ), выраженной в ваттах на квадратный метр. По характеру биологического воздействия ЭМП можно разделить на 2 группы. К первой группе относятся продолжительные мало интенсивные поля ( $E < 1$  кВ/м), под воздействием которых возникают нарушения электрофизиологических процессов в центральной нервной системе и сердечно-сосудистой системе, функций щитовидной железы, системы гипофиз-кора надпочечников, генеративной функции. Эти отклонения являются результатом нарушения обменных процессов на уровне макроструктур. Вторая группа характеризуется индукцией поверхностных зарядов. При нахождении человека и животных под проводами ЛЭП в поле  $E > 1$  кВ/м в теле возникают искровые разряды, покалывания рук, вздыбливание волос. При напряжении электрических полей промышленной частоты (ЭППЧ) 20...50 кВ/м уже через 1...2 часа в растениях наблюдается слабое обесцвечивание листьев с последующим отмиранием. При  $E > 1$  кВ/м может произойти воспламенение растений.

Установлены предельно-допустимые уровни напряжения ЭМП?

- внутри жилых зданий – 0,5 кВ/м;
- на территории зоны жилой застройки – 1,0 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки – 10 кВ/м;
- в незаселенной местности (часть посещаемой людьми) – 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и машин) – 20 кВ/м.

## Источники ионизирующего излучения

Ионизирующим излучением является любое излучение, взаимодействие которого со средой приводят к образованию электрических зарядов разных знаков. Источниками такого излучения являются атомные электростанции, контроль технологических процессов. Ионизирующие излучения применяют при проведении научных исследований, в дефектоскопии для определения износа металла, дефектов в отливках, сварных швах, бетона и железобетона, при испытании смазочных масел и т.д. Радиоактивный материал может поступать в атмосферу в виде газа или частиц. Известно большое количество видов ионизирующего излучения. Наиболее распространены рентгеновское,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - излучения.

$\alpha$  - излучение представляет собой поток ядер атомов гелия. Проникающая способность  $\alpha$ -частиц: в воздухе 7...10 см, в воде – 20...60 см, в биологической ткани – 0,03...0,04 мм. Внешнее облучение человека  $\alpha$ -частицами менее опасно; опасность возникает при их проникновении внутрь организма при дыхании или с пищей.

$\beta$  - излучение представляет собой поток электронов. Проникающая способность  $\beta$ -частиц: в воздухе 8... 14м, в алюминии и пластмассе – 5...7 мм, в биологических тканях – 2,5 см.

$\gamma$  – излучение представляет собой поток  $\gamma$ -квантов, т.е. это электромагнитное излучение с очень короткой длиной волны.  $\gamma$ -лучи глубоко проникающие в организме человека и представляют большую радиационную опасность, нейтронное излучение так же обладает большой проникающей способностью. Рентгеновское излучение имеет более низкую частоту колебаний и большую длину волны, чем  $\gamma$ -излучения. Оно также опасно для организма. Облучение выше норм приводит к разрушению костной ткани, снижению количества белых кровяных телец, ухудшению зрения, вызывает кожные заболевания, бесплодие, канцерогенные заболевания, изменяет наследственность. Облучение характеризуется количеством энергии излучения поглощенной в данном месте 1 граммом массы определенного вещества (напр. тканью организма), облученного любым видом ионизированного излучения. Единица полученной дозы излучения – 1 рад. При облучении в 50 рад. возможны изменения в крови без особого вреда, при облучении 50-100 рад. – тошнота, обмороки у 5-10% облученных, чувство утомления. Облучение в 100-200 рад. приводит к тошноте, обморокам у 25-50% людей, опасности для жизни нет. При 200-350 рад. тошнота и обмороки наблюдается у всех облученных, кроме того, потеря аппетита, кровохарканье, кровоизлияние; смерть наступает у 20% облученных через 2...6 недель. При облучении 350-550 рад. дополнительно к вышеперечисленным симптомам добавляется повышение температуры, общая слабость, смертность 50%. При облучении 550-750 рад. Смертность приближается к 100%, при 1000 рад. и более в живых практически никто не остается.

Допустимые до уровня воздействия антропогенных источников ионизирующих излучений на население и окружающую среду определены нормами радиационной безопасности НРБ – 76/87. В соответствии с этими нормами все население делят на 3-и категории:

категория А – лица, занятые работой с радиоактивными веществами;

категория Б – лица, ограниченная часть населения, которая по условиям жизни или работы может оказаться в зоне радиационных излучений;

категория В – все остальное население.

При нормировании различают: внешнее облучение и внутреннее облучение. Различают также местное и общее облучение.

## Охрана атмосферного воздуха на предприятиях

Инвентаризация источников выбросов. Экологический паспорт предприятия

Для определения количества и характеристики стационарных источников загрязнения, количества улавливаемых и обезвреживаемых вредных веществ, отходящих от данных источников, а также выполнения мероприятий по сокращению объема выбрасываемых вредных веществ в атмосферу каждое предприятие должно вести первичный учет и составлять отчеты по единым типовым формам, утвержденным Госкомитетом РФ, которые должны заполняться с периодичностью, регламентированной отраслевой методикой.

Типовые формы первичной документации включают 3 журнала:

БЖД ООС

1) учет стационарных источников загрязнения и их характеристик (форма № ПОД-1);

2) учета выполненных мероприятий по охране атмосферного воздуха (форма № ПОД-2);

3) учет работы газоочистных и пылеулавливающих установок (форма № ПОД-3).

В соответствии с инструкцией, утвержденной Госкомстатом РФ, каждое предприятие, имеющее стандартные источники загрязнения атмосферы, составляет счета по форме № 2-т-п (воздух) и представляет их в соответствующие органы в установленные сроки.

Предприятия обязаны представлять в Минприроды и Госсанэпиднадзор экстренную информацию о превышении в результате аварийной ситуации установленных норм вредных воздействий на атмосферный воздух. Организация первичного учета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу должна начинаться на предприятии с проведения их инвентаризации, т.е. систематизации сведений о количестве выбросов и их составе, о распределении источников по территории. При инвентаризации выбросов загрязненных веществ должны использоваться непосредственные инструментальные замеры в соответствии с действующими стандартами и рекомендованными методиками, согласованными с Минприроды. По каждому источнику замеряется средняя скорость движения отходящих газов по сечению трубопровода и отбираются пробы для определения концентраций различных примесей. По этим данным рассчитываются структурные и газовые выбросы вредных веществ в атмосферу (г/с и г/газ). Инвентаризация должна проводится один раз в 5 лет в соответствии с "Инструкцией по инвентаризации выбросов загрязненных веществ в атмосферу" (1990 г.). Материалы по инвентаризации предприятие представляет в местные органы Минприроды. На основании статистической отчетности предприятий ведутся государственный учет и отчетность по выбросам загрязненных веществ в атмосферу, порядок которых определен Положением о государственном учете вредных воздействий на атмосферный воздух и осуществляется Минприроды, Госсанэпиднадзором и Госкомстатом по единой методике.

Экологический паспорт предприятия представляет собой комплекс данных, выраженных через систему показателей, отражающих уровень и степень его воздействий на окружающую среду. Экологический паспорт содержит сведения об используемых предприятием технологиях, количественные и качественные характеристики используемых ресурсов – сырья, топлива, энергии: количественные характеристики выбросов (сбросов, отходов) загрязняющих веществ от предприятия; сведения об эффективности использования ресурсов, выраженные через удельные показатели их потребления на единицу продукции. Экологический паспорт составляется на основе согласованных и утвержденных основных показателей производства, проектов расчета нормативов предельно допустимых или временно согласованных выбросов (ПДВ или ВСВ) и нормативов предельно допустимых ил временно согласованных сбросов (ПДС), разрешения на природопользование, установок по утилизации и использованию отходов, данных государственной статистикой отчетности, инвентаризации источников загрязнения, проектов и других нормативно-технологических документов. Для

проектируемого предприятия экологический паспорт разрабатывает организация – проектировщик. Паспорт утверждается руководителем предприятия, согласовывается с местными органами Минприроды, ежегодно он уточняется и пересогласовывается с теми же органами; заполняется в 2-х экземплярах; один хранится на предприятии, другой – в местном комитете по охране природы.

## **Критерии качества атмосферного воздуха и нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу**

В качестве критерия качества атмосферного воздуха установлена ПДК – максимальная концентрация примесей в атмосфере, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, включая отдаленные последствия. В России действуют утвержденные Госинспекцией ПДК вредных газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны и ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест, для которых установлено две нормы – максимально разовая (ПДК м.р.) и среднесуточная (ПДК с.с.) ПДК м.р. – основная характеристика опасного воздействия вещества – устанавливается с целью предупреждения рефлекторных реакций у человека при кратковременном (до 30 мин. воздействий атмосферных примесей. ПДК с.с. – для предупреждения прямого или косвенного влияния на организм человека при неопределенном длительном воздействии. Наибольшая концентрация каждого вида вредного вещества в приземном слое воздуха населенных мест не должно превышать ПДК м.р.

Для предотвращения и снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для каждого предприятия устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ).

## **Антропологическое измерение химического состава атмосферы**

В результате выбросов в атмосферу отходов промышленного производства в воздухе увеличивается концентрация пыли, оксидов серы, углерода азота, специфических, токсичных веществ. В большинстве промышленных городов концентрация основных загрязняющих веществ превышает фоновую в 5 - 8 , а пыли 15 –20 раз. Результаты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в 500 городах, показывают, что среднегодовые концентрации пыли, диоксидов серы, азота повсеместно превышают установленные нормы на 30 – 70 %. Наиболее опасно появление и увеличение концентраций в воздухе специфических, токсичных веществ – бензопирена, сероводорода, сероуглерода, фенола, фтористого водорода, тяжелых металлов и микроэлементов. Объем выбросов этих веществ составляет 1 – 2 % от общего, однако по токсичности они значительно превосходят основные загрязняющие вещества. Загрязнения

БЖД ООС

атмосферы специфическими соединениями связано с определенными видами производства. Среднегодовые концентрации в атмосферном воздухе бензапирена, превышающие 5 ПДК, наблюдаются в 46 городах, прежде всего там, где находятся предприятия черной и цветной металлургии, крупные ТЭС, котельные на твердом топливе. Высокие концентрации сероуглерода обусловлены выбросами предприятий химической и целлюлозно-бумажной промышленности и наблюдаются в 22 городах. Среднегодовые содержания в воздухе сероводорода фенола, фтористого водорода во многих городах сравнительно не велики, но там разовые концентрации этих веществ могут значительно превышать ПДК.

К специфическим веществам, часто очень токсичным, характерным для атмосферы большинства населенных пунктов, относятся тяжелые металлы и микроэлементы. Концентрация микроэлементов в атмосфере промышленных городов превышает фоновую в 2 – 40 раз, а около мощных источников выбросов может увеличиваться в 10-ки раз и сотни раз и достигать 3-200 ПДК. Значительная часть микроэлементов интенсивно концентрируются в промышленной пыли. Пылевые выбросы предприятий характеризуются широким спектром находящихся в них элементов в порядке убывания встречаемости: Hg, Sb, Zn, Cu, Pb, Sn, W, Mo, Ni, Ag, Bi, Co, Cr, V, Cd.

Таблица 14

**Концентрация химических элементов в атмосферном воздухе различных типов территорий, мгк/м<sup>3</sup>**

Элемент	южный полюс 10 <sup>-3</sup>	Пригородная территория	Промышленный город	Около мощных источников загрязнения	ПД Ксс
Al	0,082	0,9	18	-	-
Ti	0,010	0,1	1,4	-	-
V	0,013	0,07	0,17	12	2
Cr	0,004	0,009	0,12	-	1,5
Mn	0,001	0,06	0,6	100	1
Fe	0,062	1,5	24	1000	40
Co	0,00005	0,001	0,04	8	1
Ni	-	0,06	0,12	7	1
Cu	0,003	0,07	1,1	6	2
Zn	0,003	0,3	1,7	10	50
As	0,003	0,005	0,1	60	3
Se	0,084	0,001	0,019	10	0,05
Br	0,260	0,05	1,3	-	40
Ag	0,00004	0,001	0,002	-	-
Cd	0,0015	0,006	0,13	1	1
Sb	0,00008	0,01	0,4	-	-
Hg	-	0,001	0,005	3	0,3
Pb	-	0,3	3,0	9,0	0,3

Из атмосферы вредные вещества осаждаются на земную поверхность, попадают в почву, растения, живые организмы и могут накапливаться там до

## БЖД ООС

высоких, опасных для жизни концентраций. В почву загрязняющие вещества поступают в газовой фазе, в растворе атмосферных осадков, в составе твердых частиц. В результате почвообразовательных процессов они перераспределяются по почвенному профилю, накапливаются в верхних или нижележащих горизонтах, выщелачиваются и выносятся грунтовыми водами. Основными факторами, контролирующими поведение химических веществ, являются их химические и физические свойства, условия внешней среды (щелочно – кислотная, окислительно-восстановительная обстановка, емкость поглощающего комплекса.)

Дымовые газы вносят в почву сернистую и серную кислоты, которые, соединяясь с основными элементами почвы, образуют сульфат, в результате чего сокращается количество питательных элементов и увеличивается кислотность почвенных растворов; в промышленных районах вместе с осадками ежегодно выпадает 2-73 кг S/га. Повышенные концентрации в почвах SO<sub>2</sub> в виде свободной кислоты и газа, а также снижение ПН приводит к истощению и поражению почвенных организмов, ухудшению физических свойств почвы. В твердофазных атмосферных выбросах, по сравнению с почвой, часто повышены концентрации макроэлементов. В летучей золе твердого топлива и в пыли цементных печей концентрируются щелочные металлы Ca, M. В зонах воздействия такой пыли в почвах увеличивается щелочность, степень насыщения основаниями. При этом считается, что ведет к поражению растительного покрова. Тяжелые металлы большей частью концентрируются в поверхностном горизонте почв 0 – 10 – 20 см, где они присутствуют в составе твердых частиц гумусового вещества, карбонатов, гидроксидов железа, марганца, в почвенном растворе. Доля подвижных форм не велика, однако она значительно увеличивается при сильном загрязнении. Наиболее загрязненными оказываются почвы в радиусе 2 – 5 км от металлургических комбинатов, в 1 – 2 км от ТЭС и рудников и на расстоянии до 50 – 100 м от автомагистралей.

Вредные вещества из атмосферного воздуха и почвы попадают в растения и оказывают на них негативное воздействие. Газообразные вещества из атмосферы поглощаются листьями. Пыль и содержащие в ней элементы осаждаются на поверхность листьев, из почвенных растворов тяжелые элементы накапливаются в корневой системе, а затем и в других органах растений. В зависимости от характера, длительности и интенсивности воздействий фитотоксикантов в растениях происходит нарушение физиологических функций, снижаются процессы ассимиляции, повреждаются и отмирают целые группы клеток и участки ткани, что часто приводит к гибели растений. Повреждения растений, вызываемые промышленными выбросами, подразделяются на острые и хронические. В первом случае происходит быстрая, а при сильном воздействии почти мгновенная гибель пораженной растительности, во втором – её длительная болезнь и постепенное отравление. Вредное воздействие загрязняющих веществ на растения проявляются в форме видимых и невидимых повреждений. К видимым относится загрязнение растений или отдельных их частей, прилипание пыли, некроз – изменение цвета или ожоги на листьях, хвое и других частях растений, преждевременное опадение листьев. Невидимое воздействие вредных веществ связано с их повышенным накоплением в растительности, нарушением обмена веществ, структурным изменением клеток и проявляется в уменьшении

БЖД ООС

фотолектической активности, преждевременном старении, снижении роста, подверженности вторичным повреждениям. Значительную опасность представляет накопление токсичных элементов в естественных и культурных растениях, используемых человеком в пищу и на корм скоту. Концентрация тяжелых металлов в продуктах питания, выращиваемых в зонах влияния выбросов промышленных предприятий, может превысить фоновую в десятки раз. Наиболее загрязненными оказываются почвы в радиусе 2 – 5 км от металлургических комбинатов, в 1 – 2 км от ТЭС и рудников и на расстоянии до 50 – 100 м от автомагистралей.

Таблица 15

**Действие вредных веществ на растения**

(Порядин, Хованский, 1996)

Вид повреждения	Действие вредных в-в	Место нахождения	Фенология	Физиология	Последствия в целом
Хроническое заболевание	Низкая, непостоянная концентрация, действующая через длительные промежутки времени или длительное время	Во всех местах, где действуют вредные вещества	Отсутствие некрозов только временное, замедленный рост, временное отмирание старых хвои-ног, Ослабление новых побегов	Скопление вредных в-в в листьях, снижение ассимиляции, при уменьшении ее поверхности, изменение рН почвы или детельной корневой системы	Уменьшение прироста, выживание растений зависит от оставшейся зеленой массы, повышение воздействия вредных в-в может привести к острым повреждениям
Острое отравление	Быстрое действие высоких концентраций	Вблизи промышленных объектов и при авариях	Некроз на концах листьев или хвое, который спустя определенное время проявляется в виде необратимого изменения в цвете	Гибель клеток в не-кротических тканях, выход из строя органов ассимиляции	От остающейся физиологически активной или восстанавливающей способности зеленой массы зависит выживание или гибель растения

БЖД ООС

Так же, как и растительность, к загрязнению природной среды восприимчивы организмы животных и человека, в которых вредные вещества попадают через дыхательные пути, пищу и воды. На основе сопряженного анализа уровня загрязнения природной среды и состояния здоровья населения в крупных промышленных центрах было установлено его влияние на заболеваемость населения. Полученные данные показывают, что в городах с мощными источниками выбросов число заболеваний, обусловленных экологическими причинами, составляет 30 – 70% от общего количества, онкологических – до 40%. В наибольшей степени загрязнение ОС влияет на заболевание органов дыхания и на снижение иммунитета, особенно у детей.

Таблица 16

**Зависимость заболеваемости населения от загрязнения ОС**

(в % средневзвешенных показателей по городу)

(Порядин, Хованский, 1996)

Показатели здоровья населения	ТИП ГОРОДА			
	Крупнейший многоотрасл.	Крупнейший с мощным ист. загрязнения	Средний машин остроит.	Средний авто трансп.
Иммунологическая реактивность организма	33 – 60	60 - 75	55 - 67	33 - 50
Функциональные отклонения (дыхание, сердечно – сосуд. сист.)	5 – 29	17 - 55	17 - 33	4 - 17
Суммарная заболеваемость детск. населения	5 – 25	17 - 47	12 - 23	4 - 9
Заболеваемость органов дыхания	10 – 40	33 - 64	17 - 40	4 - 20
Нарушение детородной функции	2 – 9	12 - 33	0	0

Состояние атмосферного воздуха, загрязненного несколькими веществами, оценивается также с помощью комплексного показателя – **индекса загрязнения атмосферы (ИЗА)**, который равен сумме нормированных по ПДК и приведенных к концентрации диоксида серы средних содержаний различных веществ. Комплексный ИЗА –  $Y_n$ , учитывающий n веществ, рассчитывается по формуле:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n (q_{cp,i} : ПДК_{cc i} \times C_i);$$

где:  $q_{cp}$  – средняя концентрация вещества i;  $ПДК_{cc i}$  – среднесуточная предельно допустимая концентрация вещества i;  $C_i$  – безразмерная константа степени вредности вещества приведенная к вредности диоксида серы. (В зависимости от класса опасности (1,2,3,4)  $C_i$  принимается соответственно равным

1,7; 1,3; 1,0; 0,9);  $n$  – число вредных веществ, учитываемых в комплексном индексе загрязнения. При составлении ежегодного списка городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы комплексный индекс  $Y_n$  рассчитывается как сумма единичных индексов  $Y_i$  пяти веществ, у которых ИЗА наибольшие ( $Y_i$  – единичный индекс загрязнения атмосферы веществом  $i$ ).

## Основные способы предотвращения и улавливания выбросов

### 1. Способы очистки газопылевых выбросов

В соответствии с требованиями санитарных норм СН 245 – 71 технологические выбросы, а также выбросы после местных отсосов, содержащие пыль, вредные газы, должны подвергаться очистке перед выходом в атмосферу. Применяемые методы очистки выбросов в воздушный бассейн весьма разнообразны и отличаются как по конструкции аппаратов, так и по технологии обезвреживания.

#### а) очистка воздуха от пыли и капельных примесей.

Для очистки воздуха от пыли и туманов применяются различные пыле - и туманоулавливающие аппараты и системы, которые по принципиальным особенностям процесса очистки можно разделить на 4 группы:

-**сухие механические пылеуловители**, в которых пыль и капли жидкости отделяются под действием сил тяжести, инерции или центробежной силы;

-**мокрые или гидравлические устройства**, в которых взвешенные частицы улавливаются жидкостью;

-**фильтрующие устройства**, в которых частицы задерживаются пористым фильтрующим материалом;

-**электрические пылеуловители**, в которых взвешенные частицы заряжаются и притягиваются к электродам противоположного знака.

Для выбора пылеуловителей и расчета всей системы очистки необходимо знать их основные характеристики, в том числе эффективность, гидравлическое сопротивление и удельную пылеемкость. Общая эффективность очистки определяется по соотношению:

$$\eta = (C_{вх} - C_{вых}) / C_{вх},$$

где:  $C_{вх}$ ,  $C_{вых}$  – массовые концентрации примесей в газе до и после пылеуловителя (фильтра).

Если последовательно соединено несколько пылеуловителей, то общая эффективность очистки будет:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1) * (1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n),$$

где  $\eta$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_n$  - эффективность очистки 1,2 и n – го аппаратов.

Гидравлическое сопротивление пылеуловителей  $\Delta P$  определяется как разность давлений воздушного потока на входе  $P_{вх}$  и выходе  $P_{вых}$  из аппарата. Величина  $P_{вх}$  находится экспериментально или рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = P_{вх} - P_{вых} = E * P * V^2 / 2,$$

## БЖД ООС

где:  $P$  и  $V$  – плотность и скорость воздуха в расчетном сечении аппарата;  $E$  – коэффициент гидравлического сопротивления.

Удельная пылеемкость  $N$  пылеуловителей или фильтров зависит от количества пыли, которую удерживает пылеуловитель за период непрерывной работы между двумя очередными регенерациями. Применительно к фильтрам удельная пылеемкость оценивается как масса осадка, приходящаяся на единицу площади рабочей поверхности фильтрующего элемента, и измеряется в  $г/м^2$ . Удельная пылеемкость используется в расчетах продолжительности работы фильтров  $\tau$  между регенерациями:

$$\tau = (N_{\text{доп}} * F_{\text{ф}}) / (\eta * Q_v * C_{\text{вх}}),$$

где  $N_{\text{доп}}$  – допустимая удельная пылеемкость,  $г/м^2$ ;  $Q_v$  – объемный расход воздуха через фильтрующий элемент,  $м^3/ч$ ;  $F_{\text{ф}}$  – площадь фильтрования фильтрующего элемента,  $м^2$ .

В сухих пылеуловителях взвешенные частицы отделяются от воздушного потока за счет сил тяжести, инерции или центробежных сил. По конструкции это пылеосадительные камеры, циклоны, ротационные, вихревые, радиальные и жалюзийные пылеуловители. Наиболее простыми устройствами первого вида являются пылеосадительные камеры, в которых за счет увеличения сечения воздухопровода скорость пылевого потока резко падает, вследствие чего частицы пыли выпадают под действием сил тяжести. Пылеосадительные камеры использующиеся для очистки от крупной пыли, применяются в основном для предварительной очистки воздуха. Более эффективными пылеуловителями первого вида являются различные инерционные аппараты, в которых пылевой поток резко меняет направление своего движения, что способствует выпадению частиц пыли. Наиболее распространенные инерционные пылеуловители – циклоны, подразделяемые по конструкции на цилиндрические, конические и прямоточные. Цилиндрический циклон состоит из 2 – х цилиндров: **наружного 1**, к которому в верхней части по касательной подсоединен патрубок 2, а в нижней части – конус 4 и пылесборник (бункер) 5, и **внутреннего 3**, к которому в верхней части подсоединяется труба, отводящая очищенный воздух (рис. 1). Запыленный воздух поступает в циклон через патрубок 2 по касательной к внутренней поверхности конуса, где совершает нисходящее спиралевидное движение вдоль корпуса к бункеру. Под действием центробежной силы частицы пыли прижимаются к внутренним стенкам наружного цилиндра и скатываются в пылесборник. В бункере поток воздуха меняет направление на  $180^{\circ}$ , теряет скорость, вследствие чего происходит выпадение частиц пыли из потока. Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь, выходит из бункера и выбрасывается через выхлопную трубу.

Цилиндрические циклоны НИИОГАЗа, получившие широкое распространение, предназначены для улавливания сухой пыли аспирационных систем, золы из дымовых газов котельных, работающих на твердом топливе, пыли из сушилок и прочего. При начальной запыленности  $0,3 - 4000 г/м^3$ , имеют производительность  $100 - 68\,000 м^3/г$ , гидравлическое сопротивление от  $0,83$  до  $0,975$  для пыли с размером частиц более  $20 мкм$ .

Конические циклоны НИИОГАЗа имеют высоту цилиндрической части меньше внутреннего диаметра наружного цилиндра, предназначены для очистки газов от сажи и обладают повышенной эффективностью очистки и большим гидравлическим сопротивлением по сравнению с цилиндрическими. Достоинством циклонов является их высокая эффективность, малые габариты и низкая металлоемкость.

В технике пылеулавливания широкое применение нашли групповые и батарейные циклоны. В групповых компоновках их устанавливают попарно вокруг вертикального подводящего газохода с общим числом циклонов 8 и более. Батарейные циклоны или мультициклоны состоят из нескольких десятков и даже сотен параллельно включенных циклонов.

К инерционным пылеуловителям относятся и ротационные аппараты, в которых сепарация пыли происходит вследствие вращения ротора. Эти аппараты делятся на 2 типа.

Аппараты **первого типа** имеют ротор в виде вентиляционного колеса особой конструкции. При работе колеса вентилятора пылевые частицы под действием центробежных сил отбрасываются на внутренние стенки спирального корпуса вентилятора, затем выходят через внешний тангенциальный пристеночный патрубок и отводятся в пылевой бункер. А очищенный от пыли газ поступает в выходную трубу. Такие пылеуловители обеспечивают эффективную очистку воздуха от пыли крупностью 20 – 40 мкм.

Аппараты **второго типа** имеют ротор с отверстиями, через которые запыленный газ просасывается в радиальном направлении к оси ротора. Частицы пыли, вследствие действия центробежной и кориолисовой сил, не могут пройти через отверстия ротора в центробежную зону аппарата. Отбрасываются на периферию и оседают в бункере.

Ротационные пылеуловители в сравнении с циклонными аппаратами имеют значительно меньшие габаритные размеры и меньшую энергоемкость. Однако они не получили широкого распространения из-за относительной сложности конструкции и процесса эксплуатации.

Вихревые пылеуловители отличаются от циклонов наличием встречных, в осевом направлении, закрученных потоков – нижнего (первичного) и верхнего (вторичного). Характеризуются высокой эффективностью очистки газа от пыли размером до 3 – 5 мкм.

К основным преимуществам вихревых пылеуловителей следует отнести более интенсивную, чем у циклонов, сепарацию частиц по всей высоте, более эффективное улавливание тонкодисперсных фракций (менее 5 мкм), широкий диапазон по газу и дисперсной фазе.

Мокрые пылеуловители обладают рядом преимуществ перед другими типами пылеуловителей. При мокром пылеулавливании достигается контакт запыленного потока с жидкостью в виде капель или пленки, благодаря чему мокрые аппараты являются высокоэффективными пылеуловителями, способными улавливать частицы размером до 0,1 мкм и конкурировать с фильтрационными пылеуловителями и электрофильтрами. Они успешно применяются для обеспыливания высокотемпературных газов, взрыво и пожароопасных сред, когда использование эффективных пылеуловителей другого типа невозможно или

нецелесообразно. С помощью аппаратов мокрого действия можно одновременно решать задачи пылеулавливания и очистки газов от газообразных компонентов, охлаждения и увлажнения газов.

Вместе с тем, мокрым аппаратам присущ ряд недостатков, ограничивающих область их применения. Использование их требует наличия системы шламоудаления и оборотного водоснабжения, что удорожает процесс пылеулавливания. Работа этих аппаратов сопряжена с неизбежными потерями дефицитной воды. Сами аппараты и отводящие газоходы в большей степени подвержены коррозии, особенно при очистке агрессивных газов, требуют дополнительных мероприятий по антикоррозионной защите.

По способу действия мокрые пылеуловители обычно подразделяются на скрубберы Вентури, форсуночные и центробежные скрубберы, барботажно – пенные аппараты и прочие.

Наибольшее распространение получили скрубберы Вентури, являющиеся самыми эффективными из аппаратов мокрой очистки газов. Кроме высокой эффективности очистки газов (0,96 – 0,98) от аэрозолей со средним размером частиц 1 – 2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г/м<sup>3</sup>, скоростные газопромыватели Вентури просты по устройству и в эксплуатации, компактны. Однако высокие энергозатраты на очистку, обусловленные сопротивлением аппаратов до 2,0 кПа, повышенные удельные расходы жидкости (0,6 – 0,8 л/м<sup>3</sup>), ограничивают область их применения.

При очистке газов в форсуночных скрубберах эффективность обеспыливания потока при удельном расходе воды 3,0 – 6,0 л/м<sup>3</sup> составляет 0,6 – 0,7. Скорость потока в скруббере не должна превышать 2 – 3 м/с. Рассматриваемые аппараты эффективно улавливают частицы размером более 10 мкм.

В центробежных скрубберах эффективность очистки газа от частиц пыли 0,5 – 2 мкм составляет 0,8 – 0,9; а частиц фракций 20 мкм – 0,99.

Современные барботажно – пенные аппараты обеспечивают эффективность очистки газа от мелкодисперсной пыли около 0,95 – 0,96 при удельных расходах воды 0,4 – 0,5 л/м<sup>3</sup>.

**Фильтры.** Воздействие данных аппаратов основано на фильтровании запыленных газов через пористые перегородки – ткани, волокнистые материалы, насыпные зернистые слои.

Осаждение частиц из газового потока в этом случае происходит под влиянием броуновской диффузии, эффекта зацепления, инерционных и электростатических сил. Уловленные в процессе фильтрации частицы по мере накопления образуют в объеме фильтрующего материала пылевой слой и становятся для вновь поступивших частиц также фильтрующей средой. С одной стороны, это повышает эффективность пылеулавливания, с другой – приводит к постепенному снижению газопроницаемости фильтра. Последнее обстоятельство вызывает необходимость периодической регенерации фильтрующего материала, которая возможна путем замены забитого пылью фильтра или переснаряжения его новым фильтрующим материалом, а также посредством периодического механического разрушения и частичного удаления осадка с поверхности фильтрующего слоя.

## БЖД ООС

Из аппаратов фильтрующего типа для очистки промышленных газов от пыли наибольшее распространение получили тканевые фильтры. Высокая степень очистки тканевых фильтров, средние капитальные и эксплуатационные затраты делают их конкурентноспособными с электрофильтрами и мокрой очисткой.

В настоящее время искусственные фильтрующие материалы вытесняют материалы их хлопка, шерсти. Наиболее распространенными синтетическими тканями и материалами являются:

-лавсановые ткани с прочностью в 3 – 5 раз большей, чем у шерстяных тканей, используют для очистки газов с  $t$  до 130 – 150<sup>0</sup> С; они обладают высокой стойкостью по отношению к кислотам, растворителям, а также к истиранию;

-нитрон обладает хорошей стойкостью к указанным химическим веществам, к истиранию, термостойкости до 130<sup>0</sup>С.

Кроме перечисленных тканей и материалов применяют также капроновые, полипропиленовые, а также новые материалы: оксалон, фенилон, полиоксидиазолы и другие.

Общими недостатками рукавных фильтров является ограниченное их применение в зависимости от температуры, влажности, химического состава газа и опасности пожара. К недостаткам всех видов фильтров можно отнести повышение их гидравлического сопротивления в процессе работы. Регенерация фильтрующего слоя иногда представляет большую сложность.

Электрофильтры. Наиболее совершенными и универсальными аппаратами для очистки воздуха от взвешенных частиц являются электрические фильтры. В основе их работы лежит осаждение взвешенных частиц под действием электрических сил. Электрофильтр представляет собой аппарат, в котором размещены коронирующие и осадительные электроды. Осадительные электроды заземлены, а к коронирующим подводится выпрямленный электрический ток высокого напряжения от преобразовательной подстанции.

Принципиально установки для электрической очистки газов состоят из двух частей: агрегатов питания и собственно электрофильтра (рис.2) Агрегаты питания включают повышающий трансформатор 2 с регулятором напряжения 1 и высоковольтный выпрямитель 3. Собственно электрофильтр состоит из корпуса 7 с входным 13 и выходным 8 патрубками, бункером 11 для сбора уловленной пыли, пылевыпускным патрубком 12. В корпусе расположены осадительные 9 и коронирующие 10 электроды. Осадительные электроды в виде труб или пластин подключаются к заземлению 4 и положительному полюсу выпрямителя 3. Коронирующие электроды, выполняемые чаще всего в виде проволоки, изолированы от земли изолятором 6, и к ним по кабелю 5 подается выпрямленный электрический ток высокого напряжения (до 50 – 80 кВ) отрицательной полярности.

Процесс улавливания частиц пыли в электрофильтре можно разбить на следующие стадии: электрическая зарядка взвешенных на газе частиц; движение заряженных частиц к электродам; осаждение их на электродах; удаление осажденных частиц с электродов.

По способу удаления осажденной на электродах пыли электрофильтры делятся на сухие и мокрые. В сухих электрофильтрах пыль удаляется путем

встряхивания. Нормальная работа сухих аппаратов обеспечивается при температуре очищаемых газов выше температуры точки росы, что необходимо для предотвращения конденсации влаги и увлажнения осажденной пыли. Появление влаги в сухих аппаратах может вызвать осложнение при удалении пыли с электродов и их коррозию.

В мокрых электродах удаление пыли производится путем смыва ее с поверхности электродов орошающей жидкостью. Температура очищаемого газа при этом должна быть выше или близкой к температуре точки росы. Мокрые электрофилтры могут также применяться для улавливания из газовых потоков жидких частиц в виде тумана или капель.

Конструкция электрофилтров определяется направлением движений газов (вертикальные, горизонтальные), формой осадительных камер (пластинчатые, С – образные, трубчатые, шестигранные) и коронирующих электродов (игольчатые, круглого или штыкового сечения и другие), числом последовательно расположенных электрических полей (одно- и многопольные), числом параллельно работающих секций (одно – и многосекционные).

Электрофилтры широко применяются в теплоэнергетике, на горнодобывающих, перерабатывающих, металлургических и других предприятиях для очистки газов от пыли любой крупности при начальной запыленности до 50 г/м<sup>3</sup>. Кроме того, они используются для тонкой очистки газов от масляных туманов и смолы в различных отраслях промышленности.

Эффективность пылеулавливания в электрофилтрах составляет 0,96 – 0,99, а в некоторых случаях достигает 0,999. Работать электрофилтры могут под давлением и в разрежении при температуре до 500<sup>0</sup>С, а также в условиях агрессивных сред. Скорость газового потока в активной части сухих электрофилтров в зависимости от их конструкции колеблется от 0,8 – 1,0 до 1,5 – 1,7 м/с. Аэродинамическое сопротивление аппаратов обычно не превышает 100 – 150 Па и является значительно более низким по сравнению с другими типами пылеуловителей. Затраты электроэнергии составляют 0,1 – 0,5 кВт час на 1000 м<sup>3</sup> очищаемого газа. Работа электрофилтров может быть полностью автоматизирована. Данные аппараты отличаются повышенной металлоемкостью, требуют сложных специальных агрегатов для электропитания и занимают большие площади. К недостаткам электрофилтров относятся высокая их чувствительность к отклонениям от заданных технологических режимов и к незначительным дефектам внутреннего оборудования, невозможность применения для улавливания пыли с большим электрическим сопротивлением и в условиях образования взрывоопасных сред.

## Очистка выбросов от газообразных примесей

Технологические газы промышленных агрегатов кроме золы и пыли содержат вредные газообразные выбросы в виде диоксида серы и азота, оксида углерода, сероводорода и другие. Улавливание газообразных выбросов преследует две цели: санитарную очистку газов и использование продуктов для получения удобрений, кислоты, серы и прочих ценных химических продуктов. Для очистки

выбросов от газообразных примесей применяют методы абсорбции, хемосорбции, адсорбции, каталитического или термического дожигания.

Метод абсорбции основан на поглощении одного или нескольких вредных веществ жидким поглотителем (абсорбентом). При выборе последнего учитывается растворимость извлекаемого компонента и ее зависимость от температуры и давления. В качестве абсорбентов применяются вода, кислые, щелочные и другие растворы. Например, для удаления из технологических выбросов аммиака, хлористого или фтористого водорода целесообразно применять в качестве растворителя воду, так как растворимость этих газов в воде составляет 100 г на 1 кг. Для удаления ароматических углеводородов из коксовых газов применяют вязкие масла. По конструкции абсорбционные аппараты мало отличаются от описанных выше мокрых пылеуловителей. Наибольшее распространение получили скрубберы с насадкой. В качестве абсорбентов могут использоваться и такие устройства, как мокрые скрубберы Вентури, центробежные скрубберы, газовые промыватели и прочие. Эффективность абсорбционного (мокрого) метода очистки газов, отходящих от гальванических ванн, с помощью целевого скруббера при обезвреживании их 2 – 3% раствором едкой щелочи составляет по хлористому водороду 85 – 92% и по оксидам азота – 64,6%. При использовании в качестве поглотительной жидкости воды эффективность очистки по хлористому водороду снижается до 75%.

Метод хемосорбции основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений. Большинство реакций, протекающих в процессе хемосорбции, являются экзотермическими и обратимыми. Поглотительная способность растворов в значительной степени зависит от константы равновесия химической реакции и почти не зависит от давления. Поэтому хемосорбция более выгодна при небольшой концентрации вредностей в отходящих газах.

Метод адсорбции основан на селективном поглощении вредных газов и паров твердыми сорбентами, имеющими развитую микропористую структуру. В качестве адсорбента чаще всего используется активированный уголь. Последний применяется для очистки газов от органических паров, летучих растворителей, SO<sub>2</sub> и других газов. Кроме того применяют как адсорбенты также силикагель, активированные глинозем и оксид алюминия, цеолиты и прочее. Некоторые адсорбенты пропитываются соответствующими реактивами, повышающими эффективность адсорбции, так как на поверхности адсорбента в этом случае происходит хемосорбция.

Каталитический метод основан на превращении вредных компонентов промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные за счет химических реакций взаимодействия удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищаемом газе, или со специально добавляемым в смесь веществом на твердых катализаторах. В качестве катализаторов обычно используются платина и металлы платинового ряда, оксиды меди и марганца, марганцевая руда и прочие, выполненные в виде шаров, гранул, колец или проволоки, свитой в спираль. На катализаторах, разработанных НИИОГАЗом, при скорости обезвреживания 30000 – 60000 объемов обезвреживаемого газа на объем катализаторной массы в газе и температуре 350 – 420<sup>0</sup>С практически

## БЖД ООС

полностью окисляются примеси этилена, пропилена, бутана, пропана, ацетальдегида, различных спиртов, ацетона, бензола, толуола, ксилола, оксида углерода и прочие. В последнее время каталитические методы очистки нашли применение для нейтрализации выхлопных газов автомобилей. Для комплексной очистки выхлопных газов – окисления продуктов неполного сгорания и восстановления оксида азота - применяют двухступенчатые каталитические нейтрализаторы.

Термический метод основан на высокотемпературном сжигании вредных примесей, содержащихся в технологических вентиляционных и других выбросах. Для осуществления дожигания (реакции окисления) необходимо поддержание высоких температур очищаемого газа и наличие достаточного количества кислорода. Выбор схемы дожигания зависит от температуры и количества выбросов, от содержания в них вредных примесей, кислорода и прочего. Системы огневого обезвреживания обеспечивают эффективность очистки 90 – 99%, если время пребывания загрязняющих веществ в высокотемпературной зоне не менее 0,5 часа и температура обезвреживания газов, содержащих оксид углерода, 660 – 750<sup>0</sup>С.

## Рекомендации по выбору методов и схем очистки и пылегазоочистительных устройств

В первую очередь определяется способ очистки загрязненного воздуха, количество ступеней очистки и тип пылегазоулавливающих аппаратов. Устанавливать следует только такие устройства, которые в конкретных условиях сочетали бы в себе требующуюся эффективность очистки, надежность и экономичность. Поскольку сухая одноступенчатая очистка в ряде случаев не может обеспечить надлежащей эффективности, делают двух – и трехступенчатую. Принято считать, что при запыленности 5000 мг/м<sup>3</sup> нетоксичной пылью достаточно одной ступени очистки, а при большей – нужна 2 – 3 – ступенчатая очистка. Предпочтение следует отдавать сухим пылеуловителям, так как при их установке не требуются дорогостоящие системы водоснабжения и шламовой канализации. Чем крупнее частицы пыли и больше их плотность, чем ниже температура газа, тем эффективнее при одинаковых условиях газ будет очищаться от пыли (золы) в аппаратах любого типа. При выборе типа аппаратов для очистки технологических выбросов и ориентировочной оценке их работы можно руководствоваться следующими данными:

-в пылеосадочных камерах газ эффективно очищается от пыли крупнее 40 мкм;

-пыль размерами более 20 мкм достаточно полно улавливается в жалюзийных и инерционных аппаратах;

-сухие центробежные циклоны эффективны при очистке газа от частиц крупнее 10 мкм, в мокрых центробежных циклонах и скрубберах улавливаются частицы крупнее 5 мкм;

-оросительные устройства и промывные камеры предназначены для очистки газа от пыли размером 20 мкм;

-в полых насадочных скрубберах улавливаются частицы пыли крупнее 10 мкм;

-барботажные аппараты эффективны для улавливания частиц размером более 5 мкм;

-в пенных аппаратах улавливаются частицы пыли размером более 2 мкм, скоростные пылеуловители с трубами Вентури, тканевые фильтры и многопольные электрофильтры предназначены для очистки газов от мелкой пыли.

Как правило, аппараты, в которых газ очищается от частиц пыли крупнее 10 мкм, используют для грубой его очистки и устанавливают перед аппаратами, в которых газ эффективно очищается от более мелких частиц. Полые скрубберы обычно используют для охлаждения газа; насадочные и пенные аппараты чаще применяют для очистки газов от газообразных компонентов.

Системы и аппараты для очистки газов в зависимости от климатических условий, температуры очищаемого газа и периодичности работы можно устанавливать как внутри зданий, так и вне их. Установки газоочистки обычно располагают в непосредственной близости от технологического агрегата. Для обслуживания аппаратов газоочистки следует предусматривать площадки и лестницы, люки в необходимых местах корпуса, стационарное освещение и пр.

## **Мероприятия, позволяющие существенно снизить размеры выбросов в воздушный бассейн**

Кардинальное решение экологических проблем современности лежит в области совершенствования технологий. Применение высокоэффективных систем газоочистки позволит значительно уменьшить объемы выбросов в атмосферу. Но применение высоких технологий затруднено и в первую очередь тем, что такие технологические мероприятия крайне дороги. Полностью уловить и утилизировать пыль и газообразные примеси в промышленных выбросах в атмосферу практически невозможно, поэтому, чтобы концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы не превышала ПДК, отходящие газы выбрасываются через высокие трубы для эффективного рассеивания.

Площадки для строительства промышленных предприятий и жилых массивов следует выбирать с учетом розы ветров и рельефа местности. Предприятие должно быть расположено на ровном возвышенном месте, хорошо продуваемом ветрами. Промышленные предприятия, являющиеся источниками выделения вредных веществ в атмосферу, должны располагаться за чертой населенных пунктов и с подветренной стороны от жилых массивов по отношению к господствующему направлению ветров. Цехи, выделяющие наибольшее количество вредных веществ, следует располагать на краю производственной территории со стороны, противоположной жилому массиву. Взаимное расположение цехов должно быть таким, чтобы при направлении ветров в сторону жилых кварталов их выбросы не объединялись. Предприятия, являющиеся источниками выделения в ОС вредных веществ, согласно “Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий” следует отделить от жилой застройки санитарно – защитными зонами. В соответствии с санитарной классификацией предприятий и производств, ТЭС, складских зданий и

сооружений установлены следующие размеры санитарно – защитных зон: для предприятий 1 класса – 1000 м; 2 класса – 500 м; 3 класса – 300 м; 4 класса – 100 м; 5 класса – 50 м. Машиностроительные предприятия относятся к 5 классу, а при наличии литейных цехов – к 4 классу. Предприятия с технологическими процессами, не выделяющими в атмосферу вредных веществ, допускается размещать в пределах жилых районов.

Если по данным расчетов концентрации превышают ПДК и исчерпаны все технологические и санитарно – технические мероприятия, в том числе очистка от вредных веществ, то при надлежащем технико – экономическом и гигиеническом обосновании санитарно – защитная зона для предприятий может быть увеличена, но не более чем в 3 раза. Для новых мощных промышленных комплексов санитарно – защитные зоны должны быть установлены на расстоянии до 10 – 15, и даже 20 км и более.

## Методы и средства регистрации загрязнения атмосферы

### Газоанализатор ГКП-1

Кулонополярнографический газоанализатор ГКП – 1 представляет собой стационарный, регистрирующий прибор непрерывного действия, предназначенный для определения содержания в атмосферном воздухе сернистого газа в диапазоне от 0,15 до 10,0 мг/м<sup>3</sup> (рис.3). Основная погрешность измерений  $\pm 20\%$ , время начала реагирования - не более 2 минут, время выхода на показания – не более 8 минут. Датчик прибора может работать при наружной температуре от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , самописец – от  $+5$  до  $40^{\circ}\text{C}$ . Расход воздуха 50 л/ч (0,83 л/мин.). Большая часть примесей, встречающихся в загрязненном воздухе, не мешает определению сернистого газа за исключением сероводорода и некоторых органических веществ. При концентрации сероводорода в воздухе свыше 0,025 мг/м<sup>3</sup> пользоваться газоанализатором ГКП – 1 без специальных фильтров не следует.

Датчик имеет 4 основных узла; систему забора и очистки воздуха от пыли, состоящую из заборного устройства на корпусе датчика, противопылевого фильтра ФГ – 6 на каретке и двух соединительных фторопластовых трубок; электрохимическую ячейку из органического стекла; систему поддержания постоянного расхода (50  $\pm$  4 л/ч или 0,83  $\pm$  0,07 л/мин.), обеспечивающую непрерывный забор и протягивание воздуха через электрохимическую ячейку; систему термостабилизации, которая обеспечивает поддержание внутри датчика постоянной температуры 18 – 20<sup>0</sup>С при работе в зимних условиях. Соединение всех блоков газоанализатора осуществляется через пульт управления. Рабочий сигнал снимается с выводов измерительного и сравнительного электродов ячейки и передается по экранированному кабелю на пульт управления и далее подается на вход самопишущего потенциометра. Прибор включается в сеть 220 В и устанавливаются переключатель шкал в положение 0 – 10 мг/м<sup>3</sup>.

### Газоанализатор ГМК-3

## БЖД ООС

Оптико – акустический газоанализатор ГМК – 3 представляет собой прибор непрерывного действия и предназначенный для определения содержания в атмосферном воздухе окиси углерода в диапазоне от 0 до 400 мг/м<sup>3</sup> (рис.4). Принцип действия газоанализатора основан на измерении степени поглощения окисью углерода инфракрасной радиации. В качестве измерительной схемы использована дифференциальная оптическая схема непосредственного отсчета. Газоанализатор имеет 3 шкалы измерений 0 – 40, 0 – 80, 0 - 400 мг/м<sup>3</sup>. Основная погрешность составляет на шкале 0 – 80 мг/м<sup>3</sup> ± 5% и на шкалах 0 – 40 и 0 – 400 мг/м<sup>3</sup> ±10% диапазона измерения каждой шкалы. Время запаздывания начала реагирования - не более 2 минут, время выхода на показания в пределах погрешности – не более 10 минут. Прибор может работать в стационарных условиях при внешней температуре от 10 до 35<sup>0</sup>С (самописец от 5 до 40<sup>0</sup>С), влажности 10 – 90%, атмосферном давлении 680 – 785 мм рт. ст., при вибрациях в месте установки частотой до 10 Гц, амплитудой до 0,05 мм. Подаваемый на вход воздух должен иметь следующие параметры: температуру от 10 до 35<sup>0</sup>С, превышение давления над атмосферным не более 40 мм рт. ст., содержание механических примесей не более 0,001 г/м<sup>3</sup>, агрессивных примесей не более 0,01 г/м<sup>3</sup>, двуокиси углерода не более 6000 мг/м<sup>3</sup>. Прибор питается от сети переменного тока напряжения 220 В ±20% и частотой 50±1 Гц. Потребляемая мощность не более 250 Вт. Газоанализатор обладает высокой избирательностью, так как из обычно содержащихся в воздухе веществ только пары воды оказывают существенное влияние на определение содержания окиси углерода в анализируемом воздухе. Газоанализатор состоит из датчика и вторичного прибора (типа КСУ – 2). Корпус датчика представляет собой сварную металлическую конструкцию, внутри которой размещены элементы датчика. Электрическая схема газоанализатора ГМК – 3 состоит из измерительной схемы преобразователя ЭДС в выходной сигнал постоянного тока 0 – 5 мА, схемы управления реле, детектора, схемы термостабилизации, схемы питания излучателей, синхронного двигателя и мембранных насосов.

Газоанализатор ГКП-5

Газоанализатор состоит из 2 частей: очистительной и аналитической (рис.5). Очистительная предназначена для удаления из анализируемого воздуха углеводородов и двуокиси углерода. Она состоит из колонки 1 для предварительного сжигания органических веществ воздуха, двух змеевиковых барботеров 2 и 3, заполненных на 1/3 50% раствором КОН, патрона с прокаленным хлористым кальцием 4а и двух U – образных трубок 4б и 4в. Трубка 4в наполнена пемзой, смоченной серной кислотой, трубка 4б – силикагелем. Трубки 4б и 4в могут быть также расположены между трубкой 4а и колонкой сжигания окиси углерода 5. Колонка предварительного сжигания 1 содержит платиновую спираль, которая накаливается током до температуры 800 – 900<sup>0</sup>С (вишнево – красное каление). Она обеспечивает сжигание горючих примесей воздуха до СО<sub>2</sub>, который поглощается в барботерах с 50% раствором КОН. Затворы 15 и 16, а также затвор, присоединенный к склянке 13 с раствором Ва (ОН)<sub>2</sub>, заполняются 50% раствором КОН.

Аналитическая часть предназначена для сжигания окиси углерода до двуокиси, поглощения последней гидратом окиси бария и для титрования избытка

## БЖД ООС

Ва (ОН)<sub>2</sub> соляной кислотой. Система состоит из колонки для сожжения окиси углерода 5, поглотительного сосуда – змеевика 6, служащего для улавливания образующейся двуокиси углерода раствором Ва (ОН)<sub>2</sub>, aspirатора 19, трехходового крана 7 и уравнивательной склянки 20, служащих для засасывания воздуха в прибор. Aspirатор представляет собой цилиндрический сосуд, в центре которого находится трубка, доходящая почти до дна нижней узкой части aspirатора. В верхней части aspirатора имеется отвод для удаления проанализированного воздуха из прибора через ртутный затвор. Микробюретки 8 и 9 для титрования растворов HCl и Ва (ОН)<sub>2</sub> с делениями 0,01 мл имеют сверху полые шары с двумя отводами, один из которых служит для соединения бюретки с атмосферным воздухом через защитный барботер и четырехходовой кран 11, который соединен со сливной склянкой и служит для удаления избытка жидкости. Склянка 10 предназначена для слива отработанного раствора из поглотительного сосуда 6 и избытка раствора из микробюреток. Трехходовые краны 17 и 18 предназначены для спуска раствора в поглотительный сосуд 6, а также заполнения бюреток растворами. Четырехходовой кран 11 и резиновая груша 12 предназначены для создания разрежения в приборе. Склянки 13 и 14 заполнены растворами барита и соляной кислоты. Барботеры 15 и 16 предназначены для защиты раствора Ва (ОН)<sub>2</sub> от СО<sub>2</sub>, содержащегося в атмосферном воздухе. Для нагрева используются ток напряжением 2 – 6 В от понижающего трансформатора. Регулировка накала производится с помощью двух проволочных сопротивлений.

## Рациональное использование воды на предприятиях

Системы водообеспечения и водоотведения в крупных агломерациях зачастую являются совместными для жилой и промышленных зон. При этом под системой водоснабжения понимают комплекс сооружений и технологических процессов для бесперебойного обеспечения потребителей водой требуемого качества и объема. В свою очередь, система водоотведения – это комплекс инженерных, санитарных и технологических мероприятий, обеспечивающих сбор, отведение, транспортировку сточных вод, их очистку и обезвреживание, а также обработку твердой фазы. В отдельных случаях, чаще всего на крупных предприятиях, имеется собственная система водного хозяйства с полным технологическим циклом от забора воды до ее очистки, обезвреживания и утилизации твердой фазы.

Системы водообеспечения промпредприятий, в зависимости от водных технологических процессов, могут быть прямоточного, повторного (последовательного) и оборотного водоснабжения.

Прямоточная система водоснабжения может быть применена только в случае технической невозможности или экономической нецелесообразности иной. До 80% мелких и средних предприятий в настоящее время имеют прямоточные системы водоснабжения, что свидетельствует о низком уровне их культуры

БЖД ООС

производства, излишних энергетических затратах на подачу и отведение вод и, как следствие, повышенных нагрузках на ОС.

Более совершенной по сравнению с прямоточной является схема последовательного водоиспользования, которое может быть 2 – 3 – 4 – кратным. В этом случае количество сбрасываемых сточных вод уменьшается на величину суммарных потерь на ряде производств и на очистных сооружениях со шламами.

В системах оборотного водообеспечения безвозвратные потери воды (производство, испарение, унос ветром, разбрызгивание, шлам, продувочный расход) компенсируются дополнительным, так называемым подпиточным количеством свежей воды из источника. Общее количество подпиточной воды обычно не превышает 5 – 10% от циркулирующей в системе.

Состояние и эффективность использования воды на предприятиях могут быть оценены одним из трех показателей:

1. Техническое совершенство системы водообеспечения характеризует количество использованной оборотной воды  $P_{об}$ , %:

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_{с}} \times 100\%,$$

где  $Q_{об}$ ,  $Q_{ист}$ ,  $Q_{с}$  – соответственно количество воды, используемой в обороте, из источника, поступающей с сырьем.

2. Коэффициент  $K_{ист}$  характеризует рациональность использования воды из источника:

$$K_{ист} = \frac{Q_{ист} + Q_{с} - Q_{обр}}{Q_{ист} + Q_{с}} \leq 1$$

3. Потери воды в системе определяются из соотношения:

$$P_{пот} = \frac{Q_{ист} + Q_{с} - Q_{обр}}{Q_{ист} + Q_{с} + Q_{посл} + Q_{раб}} \times 100\%$$

В проекте (или при эксплуатации) систем водообеспечения предприятий необходимым элементом является балансовая схема водопотребления и водоотведения, которая не только иллюстрирует расходы воды на отдельные технологические операции, на подпитку, продувку, на безвозвратные потери, но и должна характеризовать материальный баланс по загрязняющим компонентам. Совершенствованию системы водного хозяйства предприятия способствует балансовая схема удельных расходов воды на единицу продукции потребляемого сырья ( $m^3/t$ ), которая используется при составлении экологических паспортов предприятий по ГОСТ 17.004 – 90 в разделе характеристики водопотребления, водоотведения и очистки вод. Совместные схемы водообеспечения и водоотведения промышленных предприятий и населенных мест разрабатываются при проектировании на основе технико – экономического сравнения вариантов с

целью комплексного решения водохозяйственных проблем района, города или региона. В зависимости от условий поступления и последующей обработки различных категорий сточных вод системы водоотведения подразделяются на неполную и полную раздельные, общесплавную, полураздельную и комбинированную.

В неполной раздельной системе – смесь хозяйственно – бытовых и производственных сточных вод поступает по единым трубопроводам на очистную станцию, а атмосферные – по уличным лоткам, проездам в понижения рельефа.

Полная раздельная система водоотведения отличается от неполной тем, что атмосферные воды по закрытым трубопроводам отводятся в ближайший водоем, куда сбрасываются в основном без очистки.

В полураздельной системе в специальных камерах разделения происходит перехват наиболее загрязненных первых порций атмосферных сточных вод, откуда они поступают на очистные сооружения вместе с хозяйственными и промышленными стоками.

В общесплавной системе все категории сточных вод идут по единой системе трубопроводов. В сухую погоду смесь хозяйственных и производственных стоков направляется на очистную станцию. Во время выпадения дождей (таяния снега) часть стока разбавляется атмосферными водами и сбрасывается без очистки в водоем через ливневые спуски. При этом предполагается, что водоем имеет расход, многократно превышающий сбрасываемый сток.

Комбинированная система водоотведения представляет собой сочетание вышеперечисленных и имеется в населенных пунктах (городах), основанных в 20 веке.

На промышленных предприятиях возможна каждая из 5 типов систем водоотведения в зависимости от категорий сточных вод. В хозяйственную систему сбрасываются стоки после душевых, пищеблоков, санузлов, а также производственные, которые могут быть обезврежены на городских очистных сооружениях. При отсутствии на предприятиях оборотной системы водоснабжения в дождевую канализацию допускается направлять условно – чистые производственные сточные воды (чаще всего после охлаждения). Производственные технологические сточные воды, содержащие загрязнения, не допускаются к сбросу в городскую систему водоотведения. Они должны отводиться по отдельным трубопроводам и обезвреживаться локально на промпредприятии.

## Условия выпуска сточных вод в водоёмы

Очищенные сточные воды населенного пункта сбрасываются в приемник – непроточный водоем или водоток. Для этого смесь бытовых и производственных сточных вод пропускается через единые очистные сооружения. В связи с тем, что в промышленных стоках содержатся специфические загрязнения и компоненты, их сброс регламентирован «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов».

Основными ограничениями на сброс промстоков в водоотводящую сеть являются:

- превышение расходов и концентраций загрязнений, установленных для данного промпредприятия;
- нарушение работы сетей, насосных станций, сооружений;
- присутствие веществ, отлагающихся на стенках трубопроводов и засоряющих или разрушающих их;
- наличие горючих и растворенных газообразных веществ, которые могут вызвать взрыв;
- содержание токсичных для микрофлоры очистных сооружений веществ;
- температура более 40°C;
- рН вне пределов 6,5 – 9;
- содержание органических веществ по ХПК, превышающие ГПК<sub>п</sub> более чем в 1,5 раза.

Если сточные воды предприятий не соответствуют приведенным ограничениям, то перед сбросом в сеть их необходимо обработать на локальных очистных сооружениях. Условия выпуска как городских, так и промышленных сточных вод в водоемы регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» и «Правилами санитарной охраны прибрежных вод морей», утвержденных санитарными органами. Для поверхностных водоемов хозяйственно - питьевого и культурно – бытового использования (после выпуска сточных вод) качество воды в расчетных створах должно соответствовать установленным требованиям. Если эти требования не выполняются, то необходима дополнительная очистка вод перед их сбросом в конкретный водоем, степень которой определяется по специальным методикам и руководствам.

## **Формирование химического состава водных объектов в естественных условиях**

Гидрохимический режим водных объектов определяется химическим составом воды, наличием взвесей, живых организмов, донных отложений, а также процессами обмена веществ между ними. Главными факторами формирования геохимического состава водных систем являются: климат, рельеф, геологическое строение, почвенный и растительный покров водосборного бассейна. Основные компоненты химического состава природных вод согласно О.А. Алекину можно подразделить на 5 групп:

- -главные ионы;
- -растворенные газы;
- -биогенные компоненты;
- -микроэлементы;
- -органические вещества.

Главные ионы содержатся в речной воде в наибольшем количестве. К ним относятся анионы гидрокарбонатные –  $\text{HCO}_3^-$ ; карбонатные –  $\text{CO}_3^{2-}$ ; сульфатные –

БЖД ООС

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; хлоридные – Cl<sup>-</sup> и катионы Ca<sup>+</sup>; Mg<sup>+</sup>; Na<sup>+</sup>; K<sup>+</sup>. По составу и соотношению главных ионов выделяются – гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный классы, кальциевая, магниевая, натриевая группа вод. На земной поверхности реки преимущественно имеют гидрокарбонатный класс подкальциевой группы с малой и средней минерализацией. На территории РФ бассейны этих рек занимают 83% площади. Далее следуют реки сульфатного класса, воды которых имеют повышенную минерализацию. В России данные реки занимают 3 – 4% площади всех речных бассейнов и находятся в степной и полупустынной зонах. Менее всего рек с водами хлоридного класса, натриевой группы и, как правило, с высокой минерализацией.

Растворимость разных газов (кислорода, углекислого газа, метана, сероводорода и прочих) в воде различна и зависит от их химической природы, температуры, давления и минерализации воды. Наибольшие значения в растворе речных вод имеют кислород и углекислый газ, содержание которых в воде определяется взаимодействием с атмосферой и процессами образования и разложения органического вещества. Увеличение концентрации кислорода происходит в результате поступления его из атмосферы и выделения растениями при фотосинтезе. Поглощение кислорода обусловлено биохимическими и окислительными процессами. Концентрация растворенного кислорода в природных условиях колеблется в ограниченных пределах и стремится к достижению нормального значения, определяемого законом Генри – Дальтона. Режим растворения двуокиси углерода противоположен режиму растворения кислорода.

Таблица 17

**Средний химический состав речной воды**

(Порядин, Хованский, 1996)

Классификация	Химический состав речной воды,							
	мг/л							
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Σ n
Реки мира по О.А. Алекину (1970)	13,9	3,3		6,1	47,6	11,9	6,4	89, 2
М. Майбеку (1979)	13,4	3,3	5,1	1,3	52	8,2	5,8	89, 2
Реки России по О.А. Алекину (1970)	19,9	4,6		9,3	65,4	17,8	10,3	127, 2

К биогенным элементам относятся соединения азота, фосфора, кремния. Азот и фосфор присутствуют в природных водах в виде неорганических и органических соединений. Неорганические соединения азота представлены ионами аммония – NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; нитритами - NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Неорганический фосфор находится в виде производных ортофосфорной кислоты H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, среди которых в речной воде преобладает HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. К основным факторам, определяющим концентрации соединений азота и фосфора в природных водах, относятся: поглощение при

фотосинтезе, выделение при разложении органического вещества, обмен между органическими и неорганическими формами.

Содержание ионов аммония в естественных условиях не превышает 0,5 мг/л, нитритные ионы в речных водах очень неустойчивы и их концентрации обычно не более сотых долей мг/л. Для нитратных ионов характерны сотые и десятые доли мг/л. Концентрация фосфора в природных водах составляет сотые – десятые доли мг/л. Кремний находится в природных водах частично в истинном растворе в виде кремниевой и поликремниевой кислот, частично в поглощенном состоянии. Концентрация кремния в речной воде составляет в пределах 1 – 5 мг/л.

Органическое вещество в природных водах находится в растворенном и взвешенном состоянии. Растворенное органическое вещество имеет сложный состав, в котором преобладают фульво- и гуминовые кислоты (до 60 – 80%). Причем содержание фульвокислот обычно на порядок выше содержания гуминовых. Фульво и гуминовые кислоты образуют в растворах полидисперсные системы с молекулярным весом от 300 и менее до 300 000 и выше. Значительная часть органического вещества в воде – коллоиды, состоящие из обломков высокомолекулярных биополимеров. В воду органическое вещество поступает за счет смыва с водосборной площади и в процессе образования и разложения растительных и животных организмов в водных объектах. Предельные содержания растворенного органического вещества в речной воде составляют 1 – 30 мг/л. Во многом концентрация органического вещества зависит от физико - географических условий бассейна. Среднегодовое содержание  $C_{орг}$  в воде рек составляет: в тундре и лесотундре – 5,7 мг/л; средней тайге – 9,7; южной тайге и смешанных лесах – 10,8; широколиственных лесах и лесостепи – 5,8; степи – 4,5; пустыне – 3,1; субтропиках – 1,1 мг/л.

Микроэлементы, входящие в состав природных вод, О.А. Алекин условно разделил на 5 групп:

- -типичные катионы –  $Li^+$ ,  $Rb^+$ ,  $Cs^+$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  и прочие;
- -ионы тяжелых металлов -  $Cu$ ,  $Ag$ ,  $Au$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Ni$ ,  $Co$  и прочие;
- -амфотерные комплексообразователи -  $Cr$ ,  $Mo$ ,  $V$  ;
- -типичные анионы –  $Br^-$ ,  $J^-$ ,  $F^-$ ,  $B^-$ ;
- -радиоактивные элементы.

Основными факторами, определяющими содержание микроэлементов в речных водах, являются: геохимические свойства элементов, состав пород и почв, климатические условия и растительный покров на водосборе, окислительно – восстановительные и щелочно – кислотные условия в воде, интенсивность сорбционных процессов и поглощение живыми организмами. Для большинства микроорганизмов в природных водах характерны низкие концентрации. Это связано с их малой распространенностью в природе, ограниченной растворимостью многих тяжелых металлов, интенсивной адсорбцией минеральными и органическими взвесями, извлеченными из воды растениями и животными.

Таблица 18

**Среднее содержание химических элементов в воде и взвеси**  
(Порядин, Хованский, 1996)

## БЖД ООС

Элемент	Вода, мкг/л	Взвесь,м г/кг	Элемент	Вода, мкг/л	Взвесь,м г/кг
Li	2,5	30	Br	20	5,0
B	18	70	Rb	2,0	120
Al	50	83000	Sr	50	150
Sc	0,004	20	Zr	2,6	200
Ti	3,0	4000	Ag	0,2	13
Mn	10	1100	Au	0,002	0,5
Fe	40	51000	Pb	1,0	151
Zn	20	310	U	0,5	3,0
Cu	7,0	80	Th	0,5	3,0

## Химический состав речных взвесей

К взвесям относятся минеральные и органические вещества, переносимые рекой во взвешенном состоянии. Содержание взвешенного вещества в речной воде или мутность меняется от долей до десятков тысяч миллиграммов в 1л воды. Концентрация в речной воде и сток взвешенных веществ зависят от климата, геологического и геоморфологического строения, характера растительного покрова в бассейне реки. Минимальная мутность (менее 50 мг/л) наблюдается в реках тундры и тайги, в лесостепной зонах она увеличивается до 50 – 150 мг/л, в степной и полупустынной зонах – 150 – 500 мг/л, в пустынных районах – более 500 мг/л. В гранулометрическом составе речных взвесей преобладают перлитовые фракции – 67%, в меньшей мере представлены песчано – алевритовые – 26,4% и грубообломочные – 6,6%. Минеральный состав взвесей тесно связан с гранулометрическим. В более крупных фракциях преобладают кварц, кальцит, полевые шпаты, реже встречаются рудные минералы, силикаты. Мелкие фракции сложены в основном глинистыми минералами: иллитом, хлоритом, монтмориллонитом, каолинитом.

Концентрация химических элементов во взвешенном веществе рек зависит от их минералогического и гранулометрического состава, пород, почв, климата и рельефа речного бассейна. По содержанию основных компонентов взвеси занимают промежуточное положение между осадочными породами и почвами, что позволяет рассматривать их как источники взвешенного вещества в воде рек. Речные взвеси, по сравнению с осадочными породами и почвами, заметно обогащены кадмием, серебром, свинцом, цинком, медью, в меньшей степени – молибденом, железом, марганцем, обеднены стронцием. По формам нахождения во взвешенном веществе рек элементы подразделяются на две основные группы – подвижные и неподвижные. Подвижные формы элементов входят в сорбированный комплекс, гидроокислы железа и марганца, легкорастворимые карбонаты, органическое вещество и при изменении условий могут переходить в растворенное состояние. Элементы подвижной формы, находясь в кристаллических решетках минералов, в раствор практически не переходят. В речных взвесах преобладают формы элементов, входящие в гидроокислы железа

и марганца и в кристаллические решетки силикатов. Подчиненное значение имеют органические и поверхностно – сорбированные формы.

## Распределение элементов в речных осадках

Содержание элементов в осадках зависит от их гранулометрического состава и вещественно – генетического типа. В реках преобладают кварцевые пески с примесью полевых шпатов, тяжелых минералов и раковинного детрита. На участках с повышенной скоростью течения распространены пески различной зернистости. На отмелях, где происходит снижение скорости потока и осаждение мелких фракций взвесей, формируются алевритовые и глинистые илы. При уменьшении крупности осадков в них возрастает содержание большой группы элементов и снижается доля кремнезема.

Таблица 19

**Среднее содержание элементов в донных отложениях р. Дон, мг/кг**  
(Порядин, Хованский, 1996)

Типы донных отложений	Cu	Pb	Zn	Mn	Ni	Co	Cr	V	Ti	Zr	Ba	Ga
Песок	112	111	<< 10	1190	99	<< 1	550	550	22600	2290	1180	5
Крупный Алеврит	116	112	440	2240	112	55	559	558	22800	2230	2220	7
Мелкоалеритовый ил	221	113	555	3350	119	88	772	773	33300	2280	3340	8

## Антропогенные изменения в водных объектах

Существенные изменения в состоянии водных объектов происходят в районах промышленно – селитебных зон, водохранилищ и гидроузлов, сельскохозяйственного производства, мелиорации земель, добычи полезных ископаемых. Техногенные вещества включаются в существующие циклы миграции в водных системах, накапливаются и распространяются во всех компонентах аквасистемы – воде, взвеси, донных отложениях, живых организмах. И, как результат, нарушается структура, природные взаимосвязи экосистем, происходит загрязнение их химическими веществами, возникают техногенные геохимические аномалии. Степень преобразования водной системы определяется с одной стороны мощностью антропогенного воздействия, а с другой – способностью водоемов или водотоков противостоять ему и самоочищаться. Причем последнее зависит от объема водного стока, гидрологического и гидрохимического режимов. Наиболее существенное антропогенное преобразование испытывают малые реки, нередко принимающие основные объемы сточных вод. Кроме того, малые реки, являясь притоками более крупных рек, оказывают огромное влияние на формирование их геохимического режима.

Таблица 20

**Антропогенное изменение химического состава воды малых рек (мг/л)**

БЖД ООС

(содержание элементов в воде, мг/л., Порядин, Хованский, 1996)

Источник загрязнения	НСО <sub>3<sup>-</sup></sub>	SO <sub>4<sup>2-</sup></sub>	CL <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3<sup>-</sup></sub>	NO <sub>2<sup>-</sup></sub>	PO <sub>4<sup>3-</sup></sub>
Крупный пром. центр	357	74	119	80	27	95	17	15	0,6	5,0
Средний машиностр. город	333	73	1344	134	42	768	54	4	0,4	1,5
Малый машиностр. город	280	70	66	73	22	54	9,5	9	1,1	4
Свалка отходов	574	160	1764	274	54	899	19	4	1,2	3,5

Таблица 21

Концентрация химических элементов в донных отложениях малых рек  
(Порядин, Хованский, 1996)

Тип поселения	Основные виды промышленности	Коэффициент концентрации K <sub>c</sub>				
		> 100	100 - 30	30 - 10	10 - 3	3 - 1,5
Город (100тыс.ч)	Тяжелое машиностр., металлообр-ка, строит., пищев. пр.	Hg <sub>317</sub> , Ag <sub>153</sub>	Cd <sub>60</sub> , Zn <sub>63</sub>	Cu <sub>26</sub> , Ni <sub>24</sub> , Pb <sub>22</sub> , Sn <sub>14</sub> , Sc <sub>11</sub>	Co, Be, Mo, Sc, P	
Город (30 – 100 тыс.чел.)	Металлообр-ка, машиностроение, строительная пр-ть		Ag <sub>44</sub>	Cd <sub>12</sub> , Ge <sub>11</sub>	Zn, Hg, Sb, Sn, Pb, Se	Cu, Sc,Sr, Zr, Ti, Co, Bi, Ni, Ba
Поселок сельского типа	Сельскохозяйственное произв-во				Ag, Co, P, Cu	V, Zn, Pb, Ba, Ga, Mn, , Y, Yb

В реках техногенные элементы из растворов, в результате химических превращений, сорбции, биогенного поглощения, переходят во взвешенное состояние. На участках реки с пониженной транспортирующей способностью

## БЖД ООС

взвешенные вещества осаждаются на дно, образуя техногенные потоки рассеяния в донных отложениях. Донные отложения являются наиболее стабильными компонентами водной системы с концентрациями некоторых химических элементов, превышающих ПДК в 10 и 100 раз. Повышенные содержания элементов в донных отложениях рек приурочены к расширенным участкам русла: затокам, отмелям, на которых снижается транспортирующая способность потока, происходит осаждение взвешенного материала и аккумуляция его на дне. Такие участки являются геохимическими барьерами. За счет регулирования и сокращения водного стока, а также увеличивающегося объема сточных вод повышается минерализация речной воды. Возрастают концентрации практически всех ионов, но в наибольшей степени увеличивается количество натрия, сульфатов и хлоридов. Воды из карбонатно – кальциевых превращаются в сульфатно – кальциево – натриевые, хлоридно – сульфатно – натриевые. Во многих реках, на которых построены водохранилища, сокращается содержание и сток минерального фосфора и увеличивается концентрация и сток азота. Это связано с тем, что основная часть фосфора, мигрирующего в реках преимущественно во взвешенной форме, осаждается в водохранилищах.

Негативное влияние техногенеза проявляется в резком увеличении содержания микроэлементов, в том числе тяжелых металлов. Кроме того, в водных объектах находятся такие химические вещества (нефтепродукты, синтетические поверхностно – активные вещества, фенолы, пестициды), которые в природных условиях вообще отсутствуют.

Перед гидроузлами и в водохранилищах в результате снижения скорости течения осаждается 65 – 95% взвешенных наносов, а ниже гидроузлов увеличивается эрозионная способность потока, происходит интенсивный размыв берегов.

В зонах влияния крупных промышленных центров за счет поступления большого количества органического вещества в воде рек снижается содержание растворенного кислорода, величина окислительно – восстановительного потенциала, уменьшается рН воды. В илистых осадках образуется сероводородная обстановка.

Анализ особенностей распределения элементов в водных системах показывает, что основными участками концентрации вещества являются геохимические барьеры. В соответствии с классификацией А.И. Перельмана в водоемах и водотоках преобладают механические, сорбционные и сероводородные барьеры.

Механические барьеры образуются на участках уменьшения скорости потока и осаждения взвешенного материала. В водных объектах основная часть взвесей представлена плевритовыми и глинистыми частицами. Во взвесах, по сравнению с песчаными осадками, в 3 – 20 раз повышены содержания Zn, Ni, Co, Cu, Mn, Pb, Cr, V. В реках снижение скорости течения и образование механических барьеров происходит на широких и неглубоких отмелях, расширенных и выложенных участках русла, старицах, в дельте и перед гидроузлами.

Взвешенные частицы размером менее 0,01 мм обладают высокой поверхностной энергией и сорбируют из водных растворов большое число элементов. Осаждаясь вместе со взвесью на механических барьерах, эти

элементы концентрируются в осадках. Хорошими сорбентами являются илистые донные отложения. Участки осаждения мелких фракций взвесей представляют собой совмещенные механические и сорбционные барьеры.

В донных отложениях с восстановительной обстановкой на границе кислородной и сероводородной сред находится сероводородный барьер, на котором концентрируются халькофильные элементы: железо, медь, свинец, цинк, никель и прочие, образующие с сероводородом трудно растворимые сульфиды. В реках эти барьеры находятся в зонах промышленных центров. Пространственно сероводородный барьер совмещен с механическим и сорбционным, что приводит к высокой концентрации многих элементов в донных отложениях. На комплексном механико – сорбционно – сероводородном барьере установлены максимальные для осадков содержания меди, свинца, цинка, хрома, превышающие фоновые в 3 – 6 раз.

## Методы выявления антропогенных изменений в водных объектах

Скорость антропогенных изменений значительно выше природных процессов, что приводит к нарушению сложившегося равновесия, образованию новых связей, изменению интенсивности и характера миграции вещества. Основными методами выявления таких изменений являются:

1. Сопоставление среднестатистических параметров водных объектов за разные промежутки времени;
2. Определение техногенной составляющей в современных потоках вещества;
3. Расчет фоновых и аномальных параметров водных объектов и выделение техногенных аномалий;
4. Расчет полного баланса химических элементов в водных системах;
5. Сравнение особенностей формирования и количественных параметров водных объектов, расположенных в зоне влияния антропогенных факторов и на фоновом участке;
6. Сопоставление результатов повторного эколого-геохимического картографирования одного и того же водного объекта.

## Оценка качества вод

Понятие качества воды включает в себя совокупность показателей состава и свойств воды, определяющих пригодность ее для конкретных видов водопользования и водопотребления. Требования к качеству воды регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения», а также существующими стандартами. По характеру водопользования и нормированию качества воды водоемы подразделяются на 2 категории:

БЖД ООС

- -питьевого и культурно – бытового назначения;
- -рыбо - хозяйственного назначения.
- В водных объектах первого типа состав и свойства воды должны соответствовать нормам в створах, расположенных на расстоянии 1 км выше по течению водотоков и в радиусе 1 км до ближайшего пункта водопользования. В хозяйственных водоемах показатели качества воды не должны превышать установленных нормативов в месте выпуска сточных вод при наличии течения, при его отсутствии – не далее, чем 500 м от места выпуска. Оценка качества воды производится по следующим параметрам:
  - содержанию взвешенных и плавающих веществ,
  - запаху,
  - привкусу,
  - окраске,
  - температуре воды,
  - значению рН,
  - наличию кислорода и органического вещества,
  - концентрации вредных и токсичных примесей.

Вредные и ядовитые вещества, в зависимости от их состава и характера действия, нормируются по лимитирующему показателю вредности (ЛПВ), под которым понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данными веществами. При оценке качества воды в водоемах питьевого и культурно – бытового назначения используют 3 вида ЛПВ:

- санитарно – токсикологический,
- общесанитарный,
- органолептический; (в рыбохозяйственных водоемах к указанным трем добавляются)
- токсикологический
- рыбохозяйственный.

Вода считается чистой, если ее состав и свойства ни по одному из показателей не выходят за пределы установленных нормативов, а содержание вредных веществ не превышает предельно – допустимых значений. При наличии в воде нескольких веществ с одинаковыми ЛПВ, сумма не должна превышать единицы:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1,$$

где:  $C_i$  – концентрация  $i$  – го вещества с одинаковым ЛПВ;  $ПДК_i$  – предельно - допустимая концентрация  $i$ -го вещества;  $n$  – число веществ с одинаковым ЛПВ.

Таблица 22

**Общие требования к составу и свойствам воды**  
(Порядин, Хованский, 1996)

БЖД ООС

Состав и свойства воды	Категория водопользования	
	Хозяйственно – питьевое водоснабжение	Рыбохозяйственные цели
<b>Взвешенные вещества</b>	Содержание по сравнению с природными не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/дм <sup>3</sup> . Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/дм <sup>3</sup> природных минеральных веществ, допускается увеличение их содержания до 5%. Спуск взвешенных веществ со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ запрещен.	
<b>Плавающие вещества</b>	На поверхности воды не должно быть пленок и пятен масла, нефтепродуктов, жиров и других загрязняющих веществ и предметов.	
<b>Запахи и привкусы</b>	Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и сообщать их мясу рыб.	
<b>Окраска</b>	Не должна обнаруживаться в столбике 20 см	Вода не должна иметь посторонней окраски
<b>Температура</b>	Летом в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 30 <sup>0</sup> С по сравнению со средней температурой воды самого жаркого месяца года за после. 10 лет	Не должна повышаться по сравнению с естеств. темпер. водоема более чем на 5 <sup>0</sup> С, при общем повышении не более чем до 20 <sup>0</sup> С летом и 5 <sup>0</sup> С зимой для водоемов, в которых обитают холодноводные рыбы, и более чем до 28 <sup>0</sup> С летом и 8 <sup>0</sup> С зимой для остальных.
<b>Водородный показатель (рН)</b>	Не должен выходить за	Пределы 6,5 – 8,5
<b>Растворенный кислород</b>	Не более 4 мг/дм <sup>3</sup>	Не менее 6 мг/дм <sup>3</sup>
<b>Биохимическое потребление кислорода (БПК)</b>		Значения БПК <sub>полн</sub> при 20 <sup>0</sup> С не должно превышать 3,0 мг/дм <sup>3</sup>
<b>Ядовитые вещества</b>	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих установленные нормативы, оказывающих прямое или косвенное вредное воздействие на человека и водные организмы	

В настоящее время для водоемов питьевого и культурно – бытового назначения установлены ПДК более 1625 вредных веществ, для водоемов рыбохозяйственного назначения – 1050.

Существуют методы комплексной оценки загрязненности поверхностных вод, которые разделяются на две группы. К первой группе относятся методы, позволяющие оценивать качество воды по совокупности гидрохимических, гидрофизических, гидробиологических, микробиологических показателей. Вода по качеству разделяется на классы с различной степенью загрязнения. Вторую группу составляют методы, основанные на использовании обобщенных числовых характеристик качества воды, определяемых по ряду основных показателей и видам водоиспользования. Такими характеристиками являются индексы качества воды, коэффициенты ее загрязненности.

## Существующие и перспективные методы очистки сточных вод

Так как сточные воды представляют собой полидисперсные гетерофазные агрегативно – устойчивые системы, то для очистки их необходимо разрушить агрегативную устойчивость и выделить из вод твердую фазу (взвешенные и плавающие вещества плотностью более 1 кг/дм<sup>3</sup>). Коллоидные и истинно растворенные компоненты подвергнуть деструктивной обработке до получения простых наименее токсичных продуктов. При этом также требуется уменьшить объем твердой фазы. Этому процессу способствуют механические, химические, физико – химические, биохимические методы очистки сточных вод, сочетанием которых создается технологическая схема очистных сооружений.

Наибольшее распространение для очистки городских и производственных сточных вод получили **механические методы**: процеживание, отстаивание, фильтрование.

Процеживание необходимо для выделения крупных включений (бумага, тряпье, дерево и прочее) из сточных вод. Выделение ведется на различного вида решетках с шириной прозоров не более 16 мм. Механизированные решетки типа МГРМХ задерживают отбросы и периодически направляют их в дробилки, где они измельчаются с увлажнением и отбрасываются в канал перед решеткой для последующего выделения в отстойниках. Решетки – дробилки типа РД не только задерживают отбросы, но и измельчают их за счет специального приспособления. Выделение минеральных примесей из сточных вод осуществляется в песколовках, что необходимо для предотвращения абразивного износа оборудования и трубопроводов, транспортирующих и обрабатывающих твердую фазу.

В зависимости от технологической схемы очистки и обработки осадка сточных вод, гидравлической крупности взвешенных веществ применяют различные типы песколовок: горизонтальные, тангенциальные, аэрируемые, реже вертикальные. В песколовках выделяются до 95% минеральных частиц из сточных вод. Для выделения из сточных вод взвешенных и плавающих веществ, разделения иловой смеси после биоокислителей, применяются различного типа

отстойники. На станциях очистки городских сточных вод последние подразделяются (функционально) на первичные (выделяются взвеси и плавающие вещества) и вторичные (разделяются иловая смесь и отработанная биопленка с очищенной жидкостью). Конструктивно отстойники разделяют на горизонтальные, вертикальные, радиальные с центральным и периферийным выпуском стоков, с вращающимся сборно-распределительным устройством, с нисходяще-восходящим потоком, с тонкослойными блоками. Эффективность отстойников зависит от физико-химических и гидродинамических факторов, от расхода, концентрации, температуры и состава сточных вод. Из практики известно, что эффект выделения взвешенных веществ в первичных отстойниках не превышает 60%. Оседающие вещества накапливаются в сборных приемках отстойников. Удаление осадков производится через 4 – 8 часов под гидростатическим напором, специальными иловыми насосами. Осадки направляются на дальнейшую обработку. Плавающие вещества удаляются с поверхности специальными сборными бункерами (радиальные отстойники), лотками (горизонтальные и вертикальные отстойники) и направляются на обработку вместе с осадками. В последнее время получили распространение отстойники со встроенными в них тонкослойными блоками, что позволяет при одинаковой продолжительности отстаивания увеличить степень очистки вод в 1,2 – 1,3 раза, а при одинаковой степени очистки повысить пропускную способность в 1,3 – 1,6 раза. Для промышленных стоков, содержащих свыше 1,5 г/л минеральных загрязнений, эффективным является отстаивание в центробежном поле: гидроциклоны, центрифуги, сепараторы.

Метод фильтрования является зачастую окончательным этапом обработки городских промстоков. В этом случае фильтры входят в узел доочистки для более полного выделения частиц активного ила или биопленки. Фильтры, используемые для очистки промстоков, могут быть безнапорными и напорными. В качестве фильтрованных перегородок используются ткани, металлические и пластмассовые сетки, зернистые минеральные и органические загрузки. Фильтры применяются для очистки вод от нерастворенных и коллоидных частиц, находящихся в суспендированном и (или) эмульгированном состоянии; взвешенных частиц, масло- и нефтепродуктов, жиров, гидрооксидов и сульфидов тяжелых металлов и прочего. Регенерация фильтров осуществляется обратным или прямым потоком осветленной жидкости, механическими (вибрация) воздействиями, отжимом, тепловыми потоками. Вода после фильтрования может быть направлена на повторное использование по согласованию с технологией производства. Регенерационные среды отправляются на дополнительную очистку или на утилизацию.

Химические методы применяются в основном для очистки производственных сточных вод. Основными методами являются нейтрализация и окисление-восстановление. Возможно применение последних как самостоятельно, так и в дополнение к другим методам.

Суть метода нейтрализации состоит в том, чтобы сбалансировать количество ионов  $H^+$  и  $OH^-$ , содержащихся в промстоках. При этом наиболее рациональным является взаимное объединение кислых и щелочных стоков. Для нейтрализации кислых вод применяются щелочные реагенты: известь  $CaO$ , гашеная известь  $Ca$

(ОН)<sub>2</sub>, кальцинированная сода Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, каустическая сода NaOH, аммиачная вода NH<sub>4</sub>OH, а также фильтрование через нейтрализующие материалы (известняк, доломит, магнезит, мел). Для нейтрализации щелочных вод наиболее часто применяются кислоты: серная H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, соляная HCl, азотная HNO<sub>3</sub>, реже уксусная CH<sub>3</sub>COOH. Возможно использование также для этой цели дымовых газов, содержащих CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. Расчетное количество того или иного реагента определяют на основании составления соответствующих стехиометрических уравнений.

Сточные воды, содержащие окисленные переменного – валентные элементы (Cr<sup>6+</sup>, Cl<sup>7-</sup>, Cl<sup>5-</sup>, N<sup>3-</sup>, N<sup>5-</sup> и прочие), как правило, обезвреживаются в две ступени. На первой ступени элементы, находящиеся в высшей степени окисления восстанавливаются до низшей валентности, при которой данный элемент на второй ступени очистки может быть выделен из жидкой фазы в виде осадка, газа или переведен в малотоксичную форму.

Окислительный метод применяют для очистки промстоков от токсичных цианидов, сульфидов, меркаптанов, фенолов, крезолов и прочего. Реагентами для этого метода являются хлор и его производные (гипохлориты, диоксиды, хлораты), кислород, озон, перманганаты, хроматы и бихроматы, пероксид водорода.

Восстановительный метод применяется для очистки сточных вод от нитритов и нитратов, хроматов и бихроматов, хлоратов и перхлоратов, сульфатов, броматов и иодатов. Восстановителями в этом случае будут окисленные переменного-валентные элементы, содержащиеся в сульфитах, сульфидах, солях двухвалентного железа, сернистом газе, а также некоторые органические вещества, например, гидразин и специализированные микробные сообщества. Процесс в промышленных условиях реализуется в емкостных коррозионно-защитных аппаратах (металлических, железобетонных, пластмассовых) с механическим, гидравлическим или барботажным перемешиванием. Выделение твердой фазы из сточных вод осуществляется механическими методами.

Физико-химические методы применяются для очистки промстоков и городских сточных вод.

Коагуляция - это процесс укрупнения коллоидных частиц жидкости за счет электростатических сил межмолекулярного взаимодействия. При первоначальном размере частиц 0,001 – 0,1 мкм после коагуляции их величина достигает 10 мкм и более. Коагуляция не только приводит к слипанию частиц, но и нарушает агрегативную устойчивость полидисперсной системы, в результате чего происходит разделение твердой и жидкой фаз. Наибольшее распространение получили алюмо- и железосодержащие коагулянты. Разновидностью коагуляции является процесс флокуляции - укрупнение мелкодисперсных частиц за счет электростатического взаимодействия под влиянием специально вводимых полиэлектролитов – флокулянтов в качестве которых, наибольшее распространение получили активированная кремнекислота и полиакриламид (ПАА).

Флотация - это процесс выделения из воды в пенный слой взвешенных и эмульгированных загрязнений за счет пузырьков газа, предварительно растворенных в очищаемой жидкости. Существуют различные виды флотации,

отличающиеся способом получения флотирующего газа, который и определяет название: пневматическая, импеллерная, напорная, вакуумная, биологическая, электрофлотация, электрогидравлическая. Эффект очистки вод составляет 56 – 65%. При введении в сточные воды коагулянтов и (или) флокулянтов, а также гидрофобизирующих поверхность частиц добавок, в виде поверхностно-активных веществ, эффективность очистки может достигнуть 90 – 95%.

Сорбция – эффективный метод глубокой очистки производственных сточных вод от растворенных органических и некоторых неорганических загрязнений. Позволяет не только выделить и сконцентрировать загрязнения из сточных вод, но и утилизировать их в технологическом процессе, а очищенные воды использовать в оборотном водоснабжении. В качестве сорбентов применяют различные естественные и искусственные материалы: золу, коксовую мелочь, торф, цеолиты, активные глины и прочие. В наибольшей степени для адсорбции применяются активированные угли, удельная поверхность адсорбции которых достигает 400 – 900 мг/г.

Для более концентрированных (более 2 г/л) сточных вод, содержащих органические загрязнения, эффективным методом является экстракция. Последняя основана на смешении двух взаиморастворимых жидкостей (одна из которых сточная вода) и распределении в них, согласно растворимости, загрязненного вещества. Количественно экстракция характеризуется коэффициентом распределения, то есть отношением концентрации загрязняющего вещества в экстрагенте к его содержанию в сточной воде. При установившемся равновесии экстрагентов используют различные органические вещества: ацетон, хлороформ, бутилацетат, толуол и прочие. Разделение экстрагента и экстрагированного вещества производится перегонкой смеси. Это определяет одно из основных требований выбора экстрагента: разная температура кипения экстрагента и выделяемого вещества. После разделения смеси экстрагент вновь используется в цикле очистки вод, а вещество утилизируется.

Гетерогенный ионный обмен - ионообменная сорбция – процесс обмена между ионами, находящимися в растворе (в сточной воде) и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита. Метод позволяет не только очистить сточные воды от загрязнений, но и использовать выделенные вещества в производстве. Ионным обменом эффективно извлекаются из сточных вод тяжелые металлы, мышьяк, фосфор, сульфаты, хлориды и прочее. Иониты подразделяются, в зависимости от заряда, на катиониты и аниониты; бывают природные – алюмосиликаты (монтмориллонит, глауконит, клиноптилолит) и искусственные – ионообменные смолы.

Электрохимическая очистка сточных вод - один из наиболее распространенных методов очистки. На основе использования продуктов электролиза водных растворов в одном объединен ряд процессов: электрокоагуляция, электрофлотация, электрофлоотокоагуляция, электроокисление, электровосстановление, обеззараживание, электрокорректировка реакции среды. Данный метод применим для очистки сточных вод от взвешенных, плавающих, эмульгированных, коллоидных и растворенных загрязнений (жиры, взвеси, масла, ПАВ, тяжелые металлы,

## БЖД ООС

сульфиды, нефтепродукты и прочие вещества). Достоинством метода является его компактность, высокая степень автоматизации, возможность изготовления установки в условиях любого предприятия, высокий эффект очистки вод. Среди недостатков: значительный расход электроэнергии, металлов для электродов, утилизация шламов.

В последнее время широкое распространение получил метод гальванокоагуляции для очистки сточных вод от тяжелых металлов (до остаточных концентраций 0,1 и менее мг/л), сульфатов, сульфидов, органических веществ (эффект очистки до 50%). Сущность метода состоит в образовании гальванических пар **Fe – C**, **Fe – Cu**, **Fe – Al**. Железо в этих парах является анодом и вследствие анодного растворения окисляется и переходит в сточную жидкость, проводя при этом окислительно-восстановительные реакции. Процесс осуществляется во вращающихся барабанных или стационарных с механическим перемешиванием гальванокоагуляторах, загрязненных железной стружкой, железным скрапом, коксовой мелочью.

Биохимический метод наиболее экологически чистый. Применяется для очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод от растворенных и коллоидных органических загрязнений, а также некоторых неорганических (азота, фосфора, сульфитов, сульфидов). Основан на способности и потребности микробных сообществ использовать в качестве питания для жизнедеятельности указанные вещества. Органическая часть загрязнений в этом случае является доминантным субстратом, а азот, фосфор, сера выполняют роль источников биогенного питания для энергетических и синтетических клеточных процессов.

Загрязненность сточных вод органическими веществами характеризуется 3 – мя показателями: БПК, ХПК, ООУ.

БПК - биохимическая потребность в кислороде – опосредованный показатель содержания органических веществ. Характеризует необходимое количество для микробного окисления биологически окисленных органических веществ. Различают БПК<sub>полн</sub>, БПК<sub>20</sub>, БПК<sub>10</sub>, БПК<sub>5</sub>, соответственно обозначающее сколько кислорода израсходовано на полное окисление органических веществ в течение 20, 10 и 5 суток.

ХПК - химическая потребность в кислороде – опосредованный показатель. Характеризует необходимое количество кислорода для химического окисления всех органических веществ и восстановленных неорганических (аммонийный азот, сульфиды, сульфиты и прочее).

ООУ - общее содержание углерода, характеризует суммарную концентрацию органических веществ. Если в одной пробе определить все вышеуказанные характеристики, то они распределяются в убывающий ряд: ХПК > ООУ > БПК.

По биохимическому показателю и токсичности промстоки подразделяются на 4 группы:

1. **Б > 0,2**; к ним относятся сточные воды пищевой, нефтехимической и других отраслей промышленности. Органические загрязнения не токсичны для микробных ценозов;
2. **0,02 ≤ Б ≤ 0,1**; промстоки коксохимических, азотнотуковых, содовых и некоторых производств. После предварительной механической очистки могут быть направлены на биохимическое окисление;

3.  $0,001 \leq B \leq 0,01$ ; промстоки процессов сульфирования, хлорирования, масел и ПАВ, сернокислотного производства, черной металлургии, тяжелого машиностроения и прочие. После предварительной очистки на локальных очистных сооружениях могут быть направлены на биохимическое окисление;
4.  $B < 0,01$ ; промстоки данной группы загрязнены минеральными (дисперсными) веществами и подлежат преимущественно механической очистке.

Биохимическую очистку вод от органических веществ ведут микробные сообщества в аэробных и анаэробных условиях. Аэробный метод основан на использовании аэробных и факультативно – аэробных микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходимо наличие растворенного кислорода и температура 10 – 40°C. Аэробную очистку вод ведут микробные сообщества, культивируемые во взвешенном и прикрепленном состоянии (активный ил или биологическая пленка).

Анаэробную очистку применяют, в основном, для промстоков с преобладанием органических загрязнений, а также для минерализации твердой фазы (осадков, илов, биопленки) на очистных сооружениях. При таком методе очистки происходит биологическое окисление органических веществ в отсутствие молекулярного кислорода (за счет химически связанного в соединениях  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ).

Активный ил представляет собой сообщество живых микроорганизмов и твердого субстрата в виде коллоидной амфотерной системы отрицательного заряда. Биоценоз активного ила представлен 12 видами: бактерии, простейшие черви, грибы, дрожжи, актиномицеты и прочие. Скопления бактерий окружены слизистым слоем и называется зоогелями, способствующими сорбции загрязнений, структурированию и осаждению. Элементный состав активного ила включает углерод, водород, азот, кислород, серу. Сухое вещество содержит 70 – 90% органического и 10 – 30% неорганического вещества, в зависимости от состава очищаемых сточных вод. Твердый субстрат представляет отмершую биомассу, взвеси и прочее, на которых закреплены микроорганизмы активного ила. Хлопья активного ила имеют поверхность до 1200 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> (или до 100 м<sup>2</sup> на 1 г сухого вещества), в 1 м<sup>3</sup> ила содержится около  $2 \times 10^{14}$  бактерий.

Процесс микробной очистки вод от органических загрязнений включает несколько этапов: смешение сточных вод с биомассой; сорбция загрязнений из вод на поверхности клеток; ферментный гидролиз и расщепление органических веществ до более простых форм; транспорт ферментсубстратного комплекса в клетку и внутриклеточное его окисление; вывод метаболитов из клетки.

Таким образом, основной метод очистки сточных вод – биологическое окисление (аэробное в присутствии кислорода и анаэробное в его отсутствии). Процесс биологической очистки по своей сути – природный, она может вестись как в естественных (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды) так и искусственных (аэротенки, биофильтры) условиях.

Поля орошения представляют собой специально подготовленные участки, куда после предварительной механической очистки направляют (по бороздам, трубам, лоткам и прочее) сточные воды.

Биологические пруды применяют для очистки и глубокой очистки городских, производственных и поверхностных сточных вод, содержащих органические

вещества. Это каскад прудов (3 – 5 ступеней), через которые с небольшой скоростью протекает вода, освобождаясь от органических загрязнений вследствие комплексного воздействия зоо- и фитопланктона, кислорода, воздуха, фотохимических реакций, микрофлоры донных отложений.

Наибольшее распространение получили аэротенки и биофильтры. Общими требованиями для них является предварительное осветление сточных вод до остаточных концентраций по взвешенным веществам 100 – 150 мг/л. Биофильтры представляют собой негерметичные емкостные сооружения, заполненные различной загрузкой (щебень, гравий, керамзит, пластмасса, асбестоцемент, стеклопор и прочее), на поверхности которой развивается очищающая сточную воду биопленка. Биофильтры рекомендуются применять для очистки небольших объемов сточных вод (до 10000 м<sup>3</sup>/сут), если рельеф местности имеет перепад отметок не менее 6 м. В этом случае биофильтры экономически предпочтительнее аэротенков.

## Обработка и утилизация осадков сточных вод

Количество образующейся твердой фазы на очистных сооружениях зависит от состава и расхода сточных вод, метода очистки и составляет 0,01 – 3% от их объема. Основные задачи обработки осадков сточных вод – обезвоживание, обеззараживание, утилизация. В зависимости от зольности осадки могут быть трех видов:

- преимущественно минеральные (зольность >70%);
- преимущественно органические ( зольность <30%);
- смешанные ( зольность 30 – 70%).

Практикой установлено, что при величине удельного сопротивления (характеризует способность к обезвоживанию) менее  $60 \times 10^{10}$  см/г осадки обладают хорошей влагоотдачей и могут быть обезвожены на простейших сооружениях. Таковы минеральные осадки, имеющие в основном свободную и иммобилизованную формы связи с водой.

Для разрыва связей частиц твердой фазы с жидкостью в неминеральных осадках применяются предварительная их подготовка– кондиционирование, в результате которого удельное сопротивление снижается до  $60 \times 10^{10}$  см/г. К методам кондиционирования относятся реагентное (коагулянты – известь, флокулянты), физикохимическое (автоклавирование, замораживание, инфракрасное, ультрафиолетовое облучения, жидкофазное окисление). После кондиционирования и последующего уплотнения осадки подвергают собственно обезвоживанию.

Утилизация осадков станций очистки городских сточных вод:

На первом этапе с целью более полного использования органического вещества и уменьшения загрязнения ОС наиболее целесообразным анаэробное сбраживание сырых осадков и избыточных илов, биопленки очистных сооружений в метантенках (или анаэробных биофильтрах) с получением биогаза, состоящего в среднем на 65% из метана, 33% углекислого газа, 2% водорода, азота,

## БЖД ООС

сероводорода и кислорода. Второй этап утилизации осадков после сбраживания предполагает дальнейшее использование их, например, в качестве удобрений. Однако, наличие в осадках тяжелых металлов не позволяет их использовать в качестве удобрений при производстве сельхозпродукции, использовать их в качестве удобрений для парковых зон и декоративных возможно (имеется разрешение санорганов). Одним из возможных путей доведения содержания тяжелых металлов в осадках до допустимых значений является «разбавление» их путем компостирования в смеси с клеткосодеждающими наполнителями (ТБО, торф, опадшая листва и прочее). Весьма перспективна технология переработки полученных компостов с помощью гибридов красного калифорнийского червя с получением биогумуса.

Утилизация и повторное использование шламов производственных сточных вод, должно решать в каждом конкретном случае как самостоятельную задачу, с привлечением специалистов профессионалов материаловедов, технологов, гигиенистов, экологов, гидрометеорологов.

По физическому состоянию шламы бывают твердыми, пастообразными и жидкими. По токсичности делятся на 4 класса:

- 1 – чрезвычайно опасные;
- 2 – высокоопасные;
- 3 – умеренноопасные;
- 4 – малоопасные.

Минеральные шламы 4 класса опасности рекомендуется использовать в строительной промышленности, металлургии. Другие шламы подлежат обезвреживанию и захоронению на полигонах токсичных промходов с предварительным заполнением опросного листа на отходы.

## Отходы производства

Классификация промышленных отходов (ПО) основана на систематизации их по отраслям промышленности, возможностям переработки, агрегатному состоянию, токсичности. В каждом конкретном случае характер используемой классификации соответствует рассматриваемым аспектам: складированию, очистке, переработке, захоронению и предотвращению их токсичного воздействия. Каждая отрасль промышленности имеет собственную классификацию отходов. Согласно ГОСТ 12.1.007 –76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» ПО делятся на 4 класса опасности:

1 класс – чрезвычайно опасные: при наличии в отходах ртути, сулемы, хромовокислого калия, треххлористой сурьмы, бензапирена, оксида мышьяка и прочих веществ;

2 класс – высоко опасные: при наличии в отходах хлористой меди, хлористого никеля, трехокисной сурьмы, азотнокислого свинца и прочих;

3 класс – умеренно опасные: при наличии в отходах сернистой меди, щавелевой меди, хлористого никеля, оксида свинца, четыреххлористого углерода и других веществ;

4 класс – малоопасные: при наличии в отходах сернистого марганца, фосфатов ( $P_2O_5$ ), сернистого цинка, хлористого цинка и других веществ.

Отходы могут быть использованы до или после обработки. На используемость влияет не только их качество, но и количество в данном месте, а также местные условия. По состоянию различаются отходы твердые, жидкие и газообразные. По месту возникновения отходы подразделяются на бытовые, промышленные и сельскохозяйственные. По составу основным показателем можно считать происхождение отходов: органическое и неорганическое, а также сжигаемые отходы или нет. Особую группу представляют собой отходы в виде энергии, называемые энергетическими (тепло, шум, радиоактивное излучение). По утилизации ПО различаются как:

-неиспользуемые (неутилизируемые);

-используемые (утилизируемые):

Отходы возникают как в результате производственной деятельности, так и при потреблении. В соответствии с этим они подразделяются на отходы производства и отходы потребления.

Отходами производства следует считать остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства. А также продукты физико-химической или механической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса, и которые в дальнейшем могут быть использованы в народном хозяйстве как готовая продукция после соответствующей обработки или в качестве сырья для переработки. В процессе производства образуются сточные воды и их осадки, дымовые газы, тепловые выбросы и прочее.

Отходами потребления считаются различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам не пригодны для дальнейшего использования. Эти отходы можно разделить на отходы промышленного и бытового потребления. К первым относятся, например, металлолом, вышедшие из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и другое. Бытовыми отходами являются пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения, различного рода использованные изделия, бытовые сточные воды и прочее.

Все виды отходов производства и потребления по возможности использования можно разделить, с одной стороны, на вторичные материальные ресурсы (ВМР), которые уже перерабатываются или переработка которых планируется, и, с другой стороны, на отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно образуют безвозвратные потери.

В Японии ПО разделяются на **14** основных групп (нефтепродукты, осадки и шламы очистных сооружений, зола, шлаки и другое), в каждой из которых предусмотрена дополнительная классификация по способу их возможной обработки и дальнейшего использования в качестве ВМР. В Канаде все ПО

БЖД ООС

распределены на **10** категорий: органические химикаты и растворители, масла, жиры, кислоты и щелочи, отходы металлов, пластмасс, тканей, кожи и резины, древесины и бумажные отходы. В ФРГ имеется государственный каталог отходов, куда постоянно заносятся их новые виды для определения дальнейших мер их обезвреживания. В США разработан ряд градаций для различных регионов страны, в основном по типу использования отходов с выделением **115** наименований опасных веществ. В дальнейшем предполагается расширить номенклатуру таких отходов до **400** наименований. По рекомендациям Агентства по охране окружающей среды 50% отходов следует перерабатывать; 26% - захоранивать; 24% - термически обезвреживать.

Классификация отходов по группам и видам:

- -осадки очистных сооружений, шламы;
- -отходы текстиля, трикотажа;
- -пластмассы;
- -отходы пищевой промышленности;
- -кислоты;
- -зола, шлаки, горелая земля;
- -древесные отходы;
- -резина и резинотехнические изделия;
- -лакокрасочные материалы;
- -производственные и строительные отходы;
- -щелочи;
- -легковоспламеняемые жидкости;
- -коксовые отходы;
- -нефть и нефтепродукты;
- -металлы;
- -бумажные отходы;
- -отходы кожевенной промышленности

Таблица 23

**КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ**

(Романчук, 1994)

Группа отходов	Характеристика группы	Пределы содержания элементов,					
		%					
		Ni	Cu	Zn	Fe	Cr	Pb
Никельсодержащие	Гальваношламы	10 - 45	0,1-0,3	<0,1	0,3 - 5,0	0,01-0,1	<0,03
	Металлосодержащие отходы мех. обработки	До 45	<0,05	0,003	>50	0,1	0,04
Медьсодержащие	Гальваношламы	Сл.	50 - 55	0,01-0,07	0,05-0,25	0,01-0,6	0,05-0,5

БЖД ООС

	Шламы нейтрализации	<0,06	12- 25	Сл.	10 - 18	Сл.	0,2 – 0,8
Цинкосодер- жащие	Отработанные люминофоры	Сл.	0,07	70,0	0,4	0,01	0,2
	Гальваношламы -“-	Сл 0,4	<0,0 2 0,1	20 – 58 7 - 8	3 – 4 0,3	0,01- 0,07 -	Сл. 0,02
Комплексн ые	Осадки нейтрализации сточных вод	0,01-	1,5-	0,1 –	0,1-0,3	0,5-	<0,01
	Медьсодержащие	0,3	5,0	0,3	10 – 25	2,7	0,03
	Медноцинковые	0,1-	0,5 –	8 – 16		<2,0	
	Медно-никель- цинк- содержащие	0,01	1		0,6		0,01
	Содержащие	3,0– 4,0	2,5 – 3,0	10,0 0,1- 10,0	0,1-5,0	0,01 3,0 – 5,0	0,01 – 5,0
	благород- ные и редкие металлы	0,1- 2,5	0,1- 3,5				
Железосод ер- жащие	Гальваношламы	0,1- 1,0	0,1- 1,0	0,1- 1,0	>45	<1,0	Сл.
	Металлосодержащ ие отходы мех. обработки	0,15- 0,4	0,1- 0,7	0,02- 0,3	60-95	0,2- 3,5	Сл.
Ванадий со- держащие шламы ТЭС (3-8% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		0,5- 1,2	0,02	0,04	13-42	0,2- 2,8	0,02

## Нормирование сбора ПО

Для всех видов продукции, получение которой из ВМР или отходов экономически целесообразно, необходимо правильно рассчитать нормы сбора вторичных отходов. При оценке норм следует определить источники образования ВМР, проанализировать влияние технологических, организационных, экономических факторов на объем отходов, степень их использования.

С практической точки зрения следует отметить, что если известна конечная степень технологии переработки и утилизации ПО, то их следует классифицировать, основываясь в первую очередь на этой технологии. Конечным этапом обезвреживания большинства не утилизируемых городских ПО (исключая особо токсичные, инертный строительный мусор и прочее) в настоящее время является сжигание. Это подтверждается опытом централизованного

## БЖД ООС

обезвреживания ПО в таких странах, как Дания, Финляндия, ФРГ, Швеция и другие. При такой технологии важно сгруппировать все отходы так, чтобы они органически вливались в ту или иную технологию, ведущую к конечной цели – термическому обезвреживанию отходов с утилизацией тепловой энергии и других полезных продуктов. Исходя из этого, нужно выделить горючие и негорючие отходы, внутри которых в свою очередь, также есть различия в свойствах, фазовом состоянии, способах обработки и прочее. Отдельно следует выделить такие отходы, которые могут взаимонейтрализовать друг друга или служить, например, реагентами для обработки возникающих сточных вод. Отходы, содержащие в себе особо полезные компоненты, например, цветные металлы, должны выделяться и обрабатываться отдельно, чтобы конечный продукт не смешивался с менее ценными шламами. Необходимо определить тепловой баланс между горючими и негорючими отходами, внутреннюю потребность в тепле станции централизованного обезвреживания, необходимость в дополнительном топливе или объеме и пути утилизации избыточного тепла. Это должно определять характер анкет или бланков единовременного учета отходов. Кроме того, рассчитываются годовые и перспективные планы для различных источников образования и сфер применения вторичных ресурсов. Количество отходов производства, которое можно использовать для изготовления продукции, в общем случае определяется по формуле:

$$H = C \times P,$$

где: **H** - норма образовавшихся отходов, кг/кг, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; **C** – объем продукции или сырья, при производстве или переработке которых образуются отходы, кг, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>; **P** – безразмерный коэффициент, учитывающий долю отходов, пригодных для использования.

Основой для определения экономической эффективности производства продукции из отходов является его сопоставление с производством этой же продукции из исходного сырья:

$$\mathcal{E} = (Z_c \cdot I - Z_o) \cdot Q_o,$$

где: **Э** - эффективность использования отходов, руб. на единицу продукции; **Z<sub>c</sub>** и **Z<sub>o</sub>** - приведенные затраты на единицу продукции соответственно из первичного сырья (материала) и отходов, руб.; **I** – коэффициент, учитывающий потребительские свойства продукции из первичного сырья и отходов ( $I = Q_c/Q_o$ ); **Q<sub>o</sub>** – количество продукции, вырабатываемой из отходов за год; **Q<sub>c</sub>** – количество продукции из первичного сырья, равноценной по потребительским свойствам количеству продукции из отходов.

Рассмотрим в качестве примера сбор отработанных масел.

Под нормированием отходов отработанных масел понимается определение плановой меры их сбора. Основная задача нормирования – это повышение эффективности планирования сбора отработанных масел посредством внедрения технически обоснованных норм. Индивидуальная норма сбора - это технически обоснованное количество отработанных масел (нормируемый сбор за год) – это сбор масел с общего количества одноименного оборудования, занятого в реализации плановых заданий по каждому уровню планирования (цех или участок – предприятие – объединение – министерство). Групповая норма сбора изменяется ежегодно в зависимости от объемов, производственного плана,

наличия оборудования, интенсивности его использования, состояния складского хозяйства, организации смазочно-эмульсионного хозяйства и ряда других факторов. Индивидуальная норма определяет только сбор «нетто» соответствующих видов нефтепродуктов и автоматически учитывает потери, возникающие при удалении отработанных масел и единицы оборудования. Исходными данными для определения индивидуальных норм сбора отработанных масел являются:

$V_i$  – заправочная вместимость конкретного агрегата машины, л;  $K_{ni}$  – коэффициент полноты выхода отработанных масел, принимается в пределах от 0,8 до 0,95. В общем случае  $K_{ni}$  является функцией  $f$  отношения количества (объема) слитого масла к количеству (объему) заправочного:

$$K_{ni} = f(V_{\text{слит}} / V);$$

Индивидуальная норма сбора отработанного моторного или индустриального масла для всех видов техники и оборудования, а также автомобильного транспорта, тракторов, комбайнов, судовых двигателей и рассчитывается по формуле:

$$N_{isj} = V_i \times i \times K_{ni},$$

где:  $N_{isj}$  - индивидуальная норма сбора моторного или индустриального масла  $j$  для единицы оборудования определенного типа  $is$  в натуральных единицах, кг, т.

Групповые нормы определяют, как правило, расчетно-аналитическим методом на основе индивидуальных норм и соответствующих данных о парке оборудования. Исходными данными для расчета групповых норм сбора отработанных масел в отдельном подразделении народного хозяйства являются:

- -индивидуальная норма сбора отработанных масел конкретного оборудования или механизма;
- -количество машино-часов работы оборудования, тыс. км пробега автомобиля, мото-часы тракторов, комбайнов, судовых двигателей и прочее.

При этом следует отметить, что если сбор нефтепродуктов группы **ММО** (масло моторное отработанное) и **МИО** (масло индустриальное отработанное) планируется и нормируется директивными органами, то сбор групп **СНО** (смесь нефтепродуктов отработанная), куда входят и нефтепродукты, практически не планируется и не нормируется.

Зная расходы сточных вод и среднегодовые концентрации нефтепродуктов на входе и выходе из очистного сооружения, несложно определить количество подлежащих задержанию нефтепродуктов, т/г, по формуле:

$$Q = (C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}) \times V \times 10^{-6} K,$$

где  $C_{\text{нач}}$  и  $C_{\text{кон}}$  – соответственно начальная и конечная концентрации загрязнения, мг/л;  $V$  – количество сточной воды, поступающей на очистку, м<sup>3</sup>/г;  $K$  – сумма коэффициентов. Указанная сумма коэффициентов должна учитывать категорию предприятия, технологические потери, эффективность очистки сточных вод, зону расположения предприятия.

## БЖД ООС

При разработке норм образования и расхода ВМР и побочных продуктов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности пользуются следующими методами:

- -для отходов, образующихся в процессе физико-химической переработки сырья, применяют расчетный метод (при составлении материальных балансов);
- -для отходов, образующихся при механической и механохимической переработке сырья, материалов, полуфабрикатов, наряду с расчетным применяют статистические методы.

Норму образования отходов  $N_{об}$  физико-химической переработки сырья и материалов рассчитывают как разность между нормой расхода сырья и материалов на единицу продукции и их чистым (полезным) расходом, с учетом неизбежных потерь:

$$N_{об} = N - Q - q \times a,$$

где:  $N$  – норма расхода сырья, материалов, кг/т, т/т, т/м<sup>2</sup>, т/м;  $Q$  – чистый (полезный) расход сырья, материалов на единицу готовой продукции, т, м<sup>2</sup>;  $q$  – неизбежные потери при выпуске готовой продукции, м<sup>2</sup>, м, шт.;  $a$  – вид неизбежных потерь,  $a = 1 \dots t$ .

Количество отходов, которое может быть использовано для получения новых видов продукции, равно:

$$N_{отх} = N_{об} \times V \times p,$$

где:  $V$  – объем продукции или сырья, при переработке которого образуются отходы, т;  $p$  – коэффициент, учитывающий долю отходов, пригодных для использования.

## Сбор и транспортирование ПО

На сегодняшний день в мировой практике наметилась тенденция перехода к централизованной обработке ПО на полигонах и предприятиях с заводской технологией обезвреживания и утилизации образующихся полезных вторичных продуктов. Большой опыт в области сбора, транспортировки и обработки отходов по заводской технологии накоплен в странах Западной Европы и США. Одной из первых стран, внедривших комплексную централизованную систему сбора, транспортирования, переработки и утилизации ПО и загрязнений в масштабах всей страны, стала Дания. В настоящее время в Дании действует **23** централизованных пункта сбора отходов.

В мировой практике за последнее время используются 4 основные принципиальные схемы доставки ТБО и ПО. По первой схеме сбор отходов производится автомобильным транспортом, доставляющим их непосредственно на места обработки или на перегрузочные станции, где они уплотняются и перегружаются на большегрузные автомобили. При этом предпочтение отдается перевозке грузов в контейнерах. По второй схеме погрузка осуществляется в железнодорожные цистерны, вагоны, полувагоны или на платформы. При этом также уделяется большое место контейнерному способу перевозок. Третьей схемой предусмотрен вывоз отходов из города водным транспортом. В течении

многих лет большое количество отходов и загрязнений, собираемых в Лондоне, грузят на баржи и вывозят по р.Темзе. Таким способом удаляется около 700 тыс.т отходов ежегодно.

Помимо железнодорожного и автомобильного транспорта, отходы могут доставляться на место переработки контейнерным пневмотранспортом по трубам, проложенным на земле, под землей или под водой. Пневмотранспорт используют преимущественно для удаления ТБО, для транспортирования ПО он применяется не в полной мере.

Способ сбора и временного хранения отходов определяется их физическим состоянием и классом опасности веществ – компонентов отходов. При наличии в составе отходов веществ различного класса опасности отнесение отходов к категории токсичности производится на основании нормативного материала АН РФ и Минздрава.

Временное хранение ПО на территориях предприятий, как правило, осуществляется в стационарных складах. В местах хранения отходов следует механизировать погрузку отходов в специализированный автотранспорт полигона. Для откачки жидких и пастообразных отходов из емкостей в специализированные автоцистерны предусматривается установка насосов или проведение других мероприятий. Транспортирование токсичных ПО на место централизованной обработки, как правило, осуществляется специальным автотранспортом. В соответствии с ГОСТ 19433 – 81 к опасным грузам относятся вещества и предметы, которые при транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и хранении могут послужить причиной взрыва, пожара или повреждения транспортных средств, устройств зданий и сооружений, а также гибели, увечья, отравления, ожогов, облучения или заболевания людей и животных. Организация сбора и вывоза ПО предусматривает следующие технологические операции:

- накопление отходов в контейнерах (цистернах);
- вывоз контейнеров до мест обезвреживания;
- разгрузку отходов;
- замену контейнеров на чистые;
- доставку порожних, чистых контейнеров в места сбора;
- загрузку полных контейнеров.

Контейнеры, предназначенные для перевозки твердых и пастообразных ПО, должны представлять собой металлическую сварную конструкцию при необходимости усиленную ребрами жесткости. В верхней части располагаются загрузочные люки, внутренняя полость обработана кремний – органическим или кремниевым покрытием, высокая степень герметизации.

## **Складирование и захоронение ПО на свалках, полигонах ТБО, поверхностных и подземных хранилищах**

## БЖД ООС

До середины 1970г. ввиду отсутствия эффективных средств обработки и утилизации большого числа ПО были широко распространены методы их складирования на городских свалках вместе с ТБО или на специальных свалках ПО, в большинстве случаев имевших примитивное устройство. В настоящее время такой метод складирования и обезвреживания отходов запрещен. Примитивные мусорные свалки заменяются на организованные полигоны ТБО. Отходы складировать на грунт с соблюдением условий, обеспечивающих защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующих распространению болезнетворных микроорганизмов. На полигонах производится уплотнение ТБО, позволяющее увеличить нагрузку отходов на единицу площади, обеспечивая экономное использование земельных участков. Главными критериями приема токсичных ПО на полигоны ТБО являются: состав фильтрата при pH = 5 – 10 и температуре 10 – 40<sup>0</sup>C; способность к самовозгоранию, выделению ядовитых веществ, интенсивному пылению. ПО, допускаемые для совместного складирования с ТБО, должны отвечать технологическим условиям: влажность не более 80%, не быть взрывоопасными, самовоспламеняющимися, самовозгорающимися. Не допускаются для совместного складирования ПО, температура самовоспламенения которых менее 120<sup>0</sup>C, а также все отходы, способные к самовозгоранию за счет химических реакций в толще складированной массы. ПО, допускаемые на полигон, не должны выделять пары и газы, дающие взрывоопасные или ядовитые смеси с воздухом и газами полигонов. Слой захораниваемых на свалках ТБО и ПО достигает обычно большой толщины. После исчерпания возможности складирования свалки засыпают землей, но в толще отходов в течении десятков лет происходят процессы анаэробного сбраживания органической части отходов с выделением биогаза. На местах бывших крупных свалок в ряде случаев считается экономически выгодным наладить промышленную добычу биогаза.

Шламонакопители - основной тип промышленных хранилищ, которые строят по одно- и многокаскадному принципу с созданием плотины, берегов и чаши шламохранилища. Для того, чтобы сливаемые промстоки не фильтровались через стенки и дно прудов – отстойников, применяются экраны из различных материалов (из суглинков, полиэтиленовой пленки, битумно-латексных покрытий).

Подземное захоронение промстоков путем их закачки в глубокие скважины получило распространение в ряде Зарубежных стран. К преимуществам данного метода относится уменьшение загрязнения поверхностных вод, а также исключение при таком захоронении необходимости их полного обезвреживания. Как показала практика, наиболее пригодными для сброса промстоков являются осадочные породы: песчаники, известняки, доломиты, обладающие достаточно высокой проницаемостью. Недостатками метода являются:

- -невозможность надежного контроля за распространением в пласте загрязняющих веществ;
- -трудности, связанные с техникой подземного удаления большого числа промстоков;
- -необратимое загрязнение многих подземных формаций;

## БЖД ООС

- -возможность попадания отходов путем диффузии и конвекции в естественные подземные потоки;
- -отсутствие информации о «поведении» отходов при их вступлении в контакт с растворами и породами формации в условиях повышенных температур и давления;
- -повышение или понижение токсичности некоторых компонентов отходов из – за размывания;
- -возможность образования более токсичных соединений в результате химического взаимодействия между относительно безвредными соединениями.

## Сжигание ПО совместно с бытовым мусором

На мусоросжигательные заводы рекомендуется принимать лишь твердые горючие ПО (в количестве около 8% общего объема). ПО, подмешиваемые к ТБО, не должны давать вредных газообразных выбросов, превышающих ПДК. В определенных дозах (5 – 8%) к ТБО могут подмешиваться полимерные материалы (за исключением изготовленных на основе хлора и фтора), резина и некоторые другие.

Итальянская фирма “**Де Бартоломейс**” предложила и осуществила на мусоросжигательном заводе “**Милан – 2**” технологию сжигания мусора и нефтеотходов. Городской мусор и твердые ПО складывают в бункер, затем мостовыми кранами с грейферными ковшами вместимостью 3 м<sup>3</sup> каждый отходы загружают в две параллельные линии мощностью 13 т/ч. Каждая линия имеет загрузочный бункер, в котором поддерживается слой мусора в 6 – 8 м. Воздух на горение забирается из надбункерного пространства. Печи оборудованы ступенчатыми наклонно-переталкивающими решетками системы **Велунд – Сакиль**. Параллельно завод принимает на сжигание нефтеотходы, преимущественно отработанные масла. Легковоспламеняющиеся жидкости на завод не принимаются. Нефтеотходы сливают в 3 вертикально расположенных резервуара вместимостью 20 м<sup>3</sup> каждый; в течении 2 суток последние отстаиваются при температуре 40 – 50<sup>0</sup>С. После расслоения нижняя часть, содержащая песчано-глинистый шлам с сорбировавшимися нефтепродуктами, подается в бункер, где смешивается с мусором, а затем поступает в печь для сжигания. Средняя часть представляет собой загрязненную нефтепродуктами воду, которая подается на флотацию в два параллельно работающих флотатора из бетона (флотация осуществляется сжатым воздухом). Пленку нефтепродуктов собирают сверху и направляют на расслаивание, а очищенную воду с концентрацией 50 мг/л сливают в канализационную сеть. Верхнюю часть сливают в две заглубленные емкости объемом по 40 м<sup>3</sup> каждая, фильтруют, подогревают до 90<sup>0</sup>С и подают в ротационные форсунки.

Таким образом, производительность завода по нефтепродуктам составляет около **10 т/сут на 600 т** мусора. На свалки вывозят отработанный и стерилизованный шлак после сжигания.

## Обработка и утилизация ПО на специализированных полигонах

Полигоны для обезвреживания и захоронения токсичных ПО являются природоохранными сооружениями, предназначенными для регулярного централизованного сбора, удаления, обезвреживания и захоронения не утилизируемых токсичных отходов, загрязнений и некондиционных продуктов промышленных предприятий. Количество и мощность полигонов для каждого промышленного района обосновывается технико-экономическими расчетами. В составе полигонов предусматривается строительство трех основных объектов, которые могут быть расположены на одной или нескольких отдельно расположенных площадках:

1. цехи для обезвреживания токсичных ПО и некондиционных продуктов, предназначенные для сжигания и физико-химической переработки этих отходов;
2. участки захоронения отходов и загрязнений, представляющего собой территорию, на которой располагаются специально оборудованные котлованы, куда складировются различные группы токсичных твердых отходов;
3. гаражи для транспортирования токсичных ПО.

Обработка ПО на полигонах является более прогрессивным способом, чем сброс на свалки ТБО, так как наряду с захоронением и примитивным сжиганием, здесь предусматриваются установки для промышленной обработки некоторых видов промышленных отходов (ПО).

Приему на полигоны не подлежат:

- -радиоактивные отходы;
- -нефтепродукты, подлежащие регенерации;
- -древесные отходы;
- -производственные и строительные отходы.

Полигоны следует располагать в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых, незатопляемых местах. На все отходы, вывозимые на полигоны, должен составляться паспорт с технической характеристикой состава отходов и кратким описанием мер безопасности обращения с ними.

В России существует опытный полигон **“Красный Бор”**, расположенный в 5 км от г.Колпино (Ленинградской области). В 1974 – 1975гг. был введен в действие экспериментальный полигон для захоронения и уничтожения отходов предприятий г.Дзержинска (Нижегородской области), в котором наряду со складированием отходов на площадках – котлованах и в штабелях предусмотрена технология сжигания твердых отходов в барабанной печи с утилизацией тепла в котле ДКВР – 65/13, а жидких и смолообразных отходов – в циклонной топке с плавильной ванной также с утилизацией тепла и очисткой дымовых газов.

Аналогичные полигоны, но уже в соответствии с новыми нормативными документами проектируются для Москвы, промышленных регионов Ульяновска, Омска и других городов РФ.

Главным недостатком полигонов типа “Красный Бор” является большой удельный вес технологических процессов, связанных с захоронением отходов.

Существование таких полигонов ограничено во времени имеющимися в наличии площадями, по использованию которых полигон должен быть закрыт.

## Переработка и утилизация ПО полной заводской технологии

В странах Западной Европы и США ведется переработка ПО по полной заводской технологии. При этом практически исключается процесс захоронения или складирования отходов на территории предприятия, за исключением золы, шлака и обезвоженных гальваношламов. Одним из образцовых предприятий такого типа является завод «Коммуникеми» в г. Ниборге (Дания). Расположено данное предприятие в центре страны на площади 5 га. В состав основного технологического оборудования входят:

- -установка для обработки отработанных масел;
- -установка для обработки загрязненных растворителей, включая оборудование для опорожнения бочек, содержащих пожаро-взрывоопасные вещества;
- -установка для обработки неорганических химических загрязнений;
- -установка с барабанной печью для сжигания и прокаливания промышленных твердых, жидких и пастообразных отходов;
- -котел – утилизатор и система очистки дымовых газов;
- -специальная циклонная печь с мокрой очисткой дымовых газов для термического обезвреживания галогеносодержащих углеводородов.

### Технологическая схема работы:

От станции контроля и приемки отходов, поступающих по железной дороге и автотранспортом, ответвляются две линии сжигания для галогеносодержащих и всех остальных отходов. Доставленные на завод отработанные масла и нефтесодержащие отходы подвергаются обработке путем нагрева до 90 – 100<sup>0</sup>С и последующего отстаивания в вертикальных резервуарах, где они разделяются на 4 фракции:

- -осадок, перекачиваемый на сжигание;
- -воду, подаваемую в камеру дожигания;
- -масло, идущее потребителям для вторичного использования;
- -легковоспламеняющиеся отходы, которые собираются в верхней части резервуара и направляются в конденсатор, а затем в жидком виде смешиваются с растворителями и направляются на сжигание.

Расчетная производительность завода **80 тыс. т ПО в год**. С точки зрения технологических процессов обработки отходы разделены на три группы: жидкие, пастообразные и твердые. Поступающие на завод ПО, в зависимости от своих свойств, подвергаются физико-химической или термической переработке. Физико-химическими методами в основном перерабатывают неорганические отходы, такие как: кислоты, щелочи, растворы цианидов, хроматов, предварительно нейтрализованные шламы. Чтобы поступающие отходы подвергались качественной обработке, берут пробы. В зависимости от результатов анализов

для партии отходов подбирают правильный способ обработки. Линия сжигания состоит из барабанной печи, котла-утилизатора, скруббера и пылевого фильтра.

С целью решения проблемы обезвреживания ПО институтом НИИПи Генплана Москвы совместно с рядом институтов завершена схема очистки Москвы от ПО. Разработан централизованный комплекс по обезвреживанию и переработке по заводской технологии нефтесодержащих и близких к ним по свойствам отходов. Суммарная мощность комплекса на 1990г. составляла 320,7 тыс.т/год или 1000 т/сут.

## Радиоактивные отходы

Радиоактивные отходы (РАО) – это побочные биологически или технически вредные вещества, содержащие образовавшиеся в результате деятельности человека радионуклиды. РАО опасны, прежде всего, тем, что содержащиеся в них радионуклиды могут рассеиваться в биосфере и вызывать различные генетические изменения в клетках живых организмов, в том числе и человека. Они классифицируются по различным признакам: агрегатному состоянию, по периоду полураспада, по удельной активности, по составу излучения.

По агрегатному состоянию РАО бывают:

- -твердые;
- -жидкие;
- -газообразные.

По периоду полураспада ( $T_{1/2}$ ):

- -короткоживущие ( $T_{1/2} \leq 1$  год);
- -среднего времени “жизни” ( $1 \text{ год} < T_{1/2} \leq 100$  лет);
- -долгоживущие ( $T_{1/2} > 100$  лет).

По удельной активности:

- -низкоактивные (менее  $0,1 \text{ Ки/м}^3$ );
- -среднеактивные ( $0,1 - 1000 \text{ Ки/м}^3$ );
- -высокоактивные (свыше  $1000 \text{ Ки/м}^3$ ).

По составу излучения:

- $\alpha$  - излучатели;
- $\beta$  - излучатели;
- $\gamma$  - излучатели;
- нейтронные излучатели.

Среди РАО по агрегатному состоянию наиболее распространенными являются жидкие, которые возникают на АЭС, на радиохимических заводах, в исследовательских центрах. В реакторах АЭС общей электрической мощностью 1 ГВт за год образуется 300 – 500 м<sup>3</sup> твердых отходов, а от переработки облученного топлива еще 10 м<sup>3</sup> высокоактивных, 40 м<sup>3</sup> среднеактивных и 130 м<sup>3</sup> низкоактивных отходов.

В настоящее время на территории России суммарная активность незахороненных радиоактивных отходов составляет более 4 млрд. Ки, что сопоставимо с 80-ю «Чернобылями». В Великобритании отходы атомной промышленности в начале третьего тысячелетия будут составлять: высокой

активности – 5000 м<sup>3</sup>; средней активности – 80 000 м<sup>3</sup>; низкой активности – 500 000 м<sup>3</sup>. Много отходов образуется при переработке отработанного ядерного топлива (таких предприятий в России – 16). Подавляющее количество радиоактивных отходов, хранящихся на АЭС, – это низко- и среднеактивные отходы. Доля высокоактивных отходов не превышает 1%. Так, при переработке 1 т РАО возникает (по минимальным оценкам) 4,5 т высокоактивных отходов, 150 т жидких среднеактивных и более 2000 т низкоактивных отходов.

## Утилизация РАО

В настоящее время проблема радиоактивных отходов еще не решена и возможных путей ее решения пока не найдено. Сейчас используются устаревшие методы обращения с РАО: высокоактивные отходы концентрируются и изолируются; средне- и низкоактивные – разбавляются и распыляются. Существуют варианты захоронения радиоактивных отходов на значительную глубину в земной коре. Так, высокоактивные отходы чаще всего хранят в подземных емкостях (шахты, штольни, преимущественно в каменной соли; скважины в скальных породах). В Швеции такие отходы хранят в подземных хранилищах в гранитах. В России отработанные отходы концентрируются при АЭС или в отдельно расположенных хранилищах, где «топливо» выдерживается, значительно снижая свою радиоактивность. Жидкие РАО хранятся обычно в виде концентрата в специальных емкостях. Для твердых – оборудованы спецхранилища. Как отмечают специалисты Минатома России, на настоящий момент ни одна российская АЭС не имеет полного комплекса оборудования по подготовке жидких и твердых радиоактивных отходов для захоронения. В настоящее время уровень заполнения емкостей и складов для РАО на АЭС составляет более 60%.

Наибольшую радиационную опасность представляет обращение с жидкими отходами на предприятиях Минатома РФ. Обычно средне- и низкоактивные жидкие РАО хранятся на этих предприятиях в открытых водоемах (ПО «Маяк», «Сибирский химический комбинат», «Красноярский горно-химический комбинат») или закачиваются в глубинные пласты – коллекторы.

Среди крупных центров по утилизации РАО в РФ: **Челябинск – 65, Красноярск – 26** и другие.

ПО «Маяк» в Челябинской области образует огромное количество РАО. В 200 могильниках производственного объединения содержатся **500 тыс. м<sup>3</sup>** твердых РАО. В спецхранилищах накоплено **200 тыс. м<sup>3</sup>** выделенных из жидких отходов осадков активностью **150 млн. Ки**. В **64** емкостях сосредоточено не менее **900 млн. Ки** высокоактивных жидких отходов. На полигоне «Маяк» ежегодно образуется до **100 млн. Ки** жидких РАО, часть из которых сбрасывается в водоемы. Таким образом уже загрязнено более **3 млн. га** земель.

Критическая ситуация сложилась в районе **Красноярск – 26**. Два атомных реактора основного производства горно-химического комбината сбрасывают РАО в р.Енисей, вода которой имеет повышенный в десятки раз уровень гамма – излучения. В цех хранения комбината поступают в специальных вагонах 100-

## БЖД ООС

тонные транспортные контейнеры. Их содержание – сборки тепловыделяющих элементов, которые представляют собой циркониевые трубки, заполненные «таблетками» обогащенного урана. Хранится этот груз в бассейнах с водой, облицованных нержавеющей сталью. **Гамма-фон над поверхностью водного бассейна составляет 150 мкР/ч, возле крышки контейнера – 1500 Р/ч, над ней – 3000 Р/ч (при безопасной дозе для здоровья человека 10 – 20 мкР/ч).**

НПО «Радон» в Московской области производит сбор, транспортировку, переработку и захоронение низко- и среднеактивных РАО. За последние **20** лет здесь захоронено около **87 тыс. м<sup>3</sup>** жидких отходов.

Со временем проблема утилизации и захоронения радиоактивных отходов станет еще более актуальной. Так, по данным МАГАТЭ в начале третьего тысячелетия более **65** ядерных реакторов АЭС и **260** используемых в научных целях ядерных устройств (срок их работы превысит 30 лет) будет необходимо ликвидировать. По подсчетам экспертов, при их демонтаже потребуется обезвредить около **150 млн. м<sup>3</sup>** низкоактивных отходов, и обеспечить захоронение более **100 тыс. т** высокоактивных.

## Производственный экологический контроль

Инспекторский контроль за соблюдением воздухоохранного законодательства

В инспекторском контроле можно выделить три основных направления:

- работа с документацией и делами предприятий;
- полная проверка воздухоохранной деятельности предприятия;
- оперативные или целевые проверки.

Ознакомление с документацией предприятия происходит непосредственно на рабочем месте, и на это предусматривается не менее 30% времени, отведенного для контроля. На этом этапе проводится:

- подготовка к проверке предприятия – анализ документов, переписки с предприятием, планов мероприятий, предписаний предыдущих проверок, нормативов ПДВ (ВСВ), разрешений на выброс и прочее;
- оформление результатов по завершении проверки – регистрации акта; регистрация, оформление и отправка протоколов на штраф, подготовка справок на депримирующее, справок и писем в вышестоящие головные организации по подчиненности предприятия;
- текущая работа, а именно: переписка с подконтрольными предприятиями и их вышестоящими организациями; согласование планов и мероприятий, регистрация техпаспортов пылегазоочистных установок; выдача справок на премирование, рассмотрение техдокументации; согласование пунктов размещения производственных объектов; прием посетителей, рассмотрение писем, жалоб и заявлений граждан; выполнение оперативных и внеплановых заданий; дежурство по комитету, ознакомление с технической литературой; подготовка статей в журналы, газеты и прочее;

БЖД ООС

Полная проверка контролируемого объекта проводится с целью выявления состояния работ по всем направлениям воздухоохранной деятельности. Материалы полной проверки являются основой для подготовки справок, писем, отчетов. По ее результатам оформляется акт со всеми приложениями. Периодичность полных инспекторских проверок воздухоохранной деятельности определяется категорией предприятия и зависит от величины валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу, степени влияния его на состояние загрязнения атмосферного воздуха, состояния воздухоохранной работы.

Таблица 24

**Периодичность проверок воздухоохранной деятельности предприятий**  
(Порядин, Хованский, 1996)

Характеристика предприятия		Категория	Количество проверок
Валовой выброс, т/год	Количество единиц автотранспорта, шт.		
более 5 000	более 500	1	2 раза в год
100 – 5 000	100 – 500	2	1 раз в год
менее 100	менее 100	3	1 раз в 5 лет

Обследование предприятия – проверка состояния воздухоохранной деятельности непосредственно на производственных площадях – включает в себя следующие этапы:

1. ознакомление с технологическими регламентами, особенностями производства;
2. технический осмотр стационарных источников загрязнения атмосферы (организованных и неорганизованных с установками очистки газа);
3. проверка работы лаборатории по контролю за выбросами в атмосферу и результатов контрольных замеров;
4. ознакомление с расположением и оборудованием мест отбора проб выбросов;
5. проверка состояния строительства (реконструкции, техперевооружения) производственных объектов и установок очистки газа;
6. проверка автотранспортного подразделения предприятия;
7. подведение итогов проверки (оформление акта проверки, протоколов на штраф и прочее).

При обследовании организованных источников выбросов, оснащенных установками очистки газа следует проверить всю имеющуюся документацию по эксплуатации и обслуживанию газопылеулавливающих установок (ГОУ): паспорт, акт технического осмотра, график ремонта, журналы учета времени работы ГОУ по форме ПОД – 3, инструкции и обслуживанию ГОУ.

При проверке организации работы предприятия в неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) устанавливаются:

- наличие утвержденного плана мероприятий по сокращению выбросов;
- наличие документов, обосновывающих эффективность разработанных мероприятий;
- наличие приказа руководителя предприятия о переходе в период НМУ;

БЖД ООС

- -инструментальный контроль эффективности мероприятий в периоды их проведения.

Кроме вышеперечисленного, в основные задачи госинспекции входит:

- -выявление неиспользуемых установок пылегазоочистки;
- -выявление источников, подлежащих оснащению ГОУ;
- -выявление источников, неучтенных инвентаризацией.
- -оформление результатов проверки.

Проверка предприятия считается завершенной после предъявления инспектором оформленного акта, подписанного руководителем предприятия и заверенного гербовой печатью. В течение не более 2 – х недель после проверки предприятием должны быть разработаны мероприятия по устранению выявленных нарушений и издан приказ, копия которого должна быть направлена в инспекцию.

Инспекторский контроль за водоохранной деятельностью предприятия

Контроль водохозяйственной деятельности предприятий включает: анализ документов по водопотреблению и водоотведению, проверку фактических мероприятий по использованию и охране водных ресурсов, написание акта проверки. К основным документам, определяющим водохозяйственную деятельность предприятий и подлежащим контролю при проверке, относятся:

- -экологический паспорт предприятия;
- -разрешение на специальное водопользование;
- -установленные нормы ПДС в водный объект;
- -план водоохранных мероприятий;
- -проект плана охраны ОС или лимит ПУ «Водоканал» на объем забираемой воды;
- -отчетность по форме 2ТП – водхоз за истекший год;
- -статистическая отчетность по форме 18 КС (строительство водоохранных объектов);
- -журналы первичного учета воды ПОД – 11, ПОД – 12;
- -журнал ПОД – 13 (если сброс осуществляется в водный объект).

Проверка водохозяйственной деятельности предприятия производится по следующей схеме:

- -ознакомление с технологией производства, выявление существования «мокрых» процессов а, следовательно и источников загрязнения;
- -особое внимание уделяется: гальваническому производству (соли тяжелых металлов), окрасочному производству (краска), механосборочному цеху (нефтепроизводные), склады горюче-смазочных материалов и легковоспламеняющихся жидкостей (нефтепродукты), автопредприятия и гаражи (СПАВ), перерабатывающая промышленность (аммиак, органические вещества), химические предприятия (широкий спектр загрязняющих веществ);
- -после обследования источников загрязнения в акте указываются объем сброшенных сточных вод, место сбора сточных вод, их качественный состав, соответствие его утвержденным нормам или ПДС; отражается

БЖД ООС

выполнение водоохранных мероприятий и предписаний актов предыдущих проверок;

- проверка эффективности работы очистных сооружений (возможность очистки, конструкция очистных сооружений, мощность, режим работы);
- после ознакомления с технической документацией и визуального осмотра производства устанавливаются точки отбора проб.

Перечень определяемых компонентов и частота отбора проб сточной воды определяются следующим образом:

- на стадии нейтрализации перечень определяемых загрязнителей – рН и металлы; частота отбора проб несколько раз в день;
- на локальных очистных сооружениях – взвешенные вещества, нефтепродукты, жиры; контроль 1 – 4 раза в месяц;
- на внеплощадных очистных сооружениях – все компоненты, поступающие при соответствующей технологии, а также рН, взвешенные вещества, солесодержащие, ХПК, БПК, растворенный  $O_2$ , группа азота, сульфиды, хлориды, остаточный хлор – 3 раза в месяц;
- в песколовках – взвешенные вещества; 1 раз в неделю; в отстойниках – взвешенные вещества, сульфиды, азот; 4 раза в месяц;
- в аэротенках, биофильтрах – растворенный  $O_2$ , БПК, сульфиды, ХПК, группа азота, фосфаты; 4 раза в месяц.

По результатам контроля рационального использования водных ресурсов составляется акт проверки, в котором следует отражать:

1. Состояние водопотребления и водоотведения по установленной форме отчетности (2ТП – водхоз) с разъяснениями причин изменения;
2. Мероприятия, проводимые водопользователями по рациональному использованию вод, внедрению оборотных систем водоснабжения;
3. Наличие у водопользователей утвержденных планов по охране и рациональному использованию водных ресурсов;
4. Наличие разрешений на спецводопользование и соблюдение предприятиями и объектами условий, установленных в них;
5. Эффективность работы и техническое состояние действующих водоохранных сооружений;
6. Качественное состояние водных объектов, влияние на них сточных вод рассматриваемых предприятий;
7. Мероприятия по водоохранному строительству, согласование с органами Минприроды;
8. Объем выделенных капвложений на строительство водоохранных объектов;
9. Состояние строительства водоохранных сооружений;
10. Конкретные предложения по устранению имеющихся недостатков в деле охраны водных объектов.

В случае аварийного или залпового сброса сточных вод проверка предприятия и составление акта проверки производится следующим образом: указывается факт сброса с описанием причин аварии, куда произведен сброс, время сброса и прочее.

Для предъявления платежей за аварийные ситуации необходимо оформление следующей документации:

1. Акт проверки;
2. Акт отбора проб сточных вод;
3. Акт ликвидации аварии;
4. Результаты анализов отобранных проб;
5. Расчет массы сброшенных загрязняющих веществ.

## Экологическая экспертиза

Государственная экологическая экспертиза - это осуществление предупредительного контроля за состоянием и использованием природных ресурсов; ряд организационно-правовых, нормативных, методических приемов и действий, позволяющих всесторонне изучить, объективно рассмотреть предлагаемые к реализации проектные решения. Итогом экологической экспертизы являются заключения, в которых сделаны соответствующие выводы и даны предложения о целесообразности осуществления того или иного проекта с точки зрения рациональности использования природных ресурсов, включая экономический и социальный факторы. Главной перспективной **целью** экологической экспертизы является сохранение нормального функционирования экосистемы, предотвращение ухудшения условий жизни человека, повышение качества природной среды.

Объектами государственной экологической экспертизы, подлежащими рассмотрению, являются: схема развития и размещения производительных сил на определенных территориях, территориальные комплексные схемы охраны природы, программы формирования территориально-производственных комплексов; комплексные схемы охраны и рационального использования водных, земельных, минеральных и других природных ресурсов.

Государственная экологическая экспертиза предпроектной и проектной документации, в зависимости от характера материалов, значимости, масштаба и возможных влияний на ОС хозяйственной деятельности, проводится по одному из трех видов процедур:

- комплексная эколого-социально-экономическая экспертиза;
- согласование (простое, средней сложности, сложное);
- назначение граничных условий.

Государственной экологической экспертизе присущи специфические особенности:

- обязательность экологической экспертизы как этапа рассмотрения предпроектных и предплановых материалов по объектам Федерального и республиканского значения, намечаемых к размещению на территории РФ;
- независимость и объективность экологической экспертизы обуславливается рациональной организацией административного подчинения экспертизы, рассмотрением материалов экспертными комиссиями и Советом Государственной экологической экспертизы, формируемыми из числа ведущих ученых и высококвалифицированных специалистов различных отраслей народного хозяйства;

## БЖД ООС

- комплексный эколого-социально-экономический подход при проведении экспертиз, обеспечивающий научно-техническую и экономическую обоснованность предлагаемых решений экологических проблем;
- вариантность (альтернативность) в подходе к оценке и выбору возможных путей решения исследуемых проблем.

Правовой основой экологической экспертизы являются законы, постановления, указы: Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха», «Положение о государственной экологической экспертизе от 22.06.91г.», Земельный и водный кадастры. Нормативной основой являются различные стандарты, нормы, правила, инструкции и прочее.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении необходимо отметить, что технологии промышленного производства в экологическом отношении далеки от идеальных. Исследования в данной области продолжаются. Разрабатываются новые методы и способы очистки и утилизации образующихся отходов. Однако, совершенно очевидно, что в будущем произойдет полный переход основных производств на безотходные технологии, которые помогут не только избежать загрязнения окружающей среды, но и позволят получить существенную экономическую прибыль.

На сегодняшний день в больших городах и промышленных зонах разрушаются либо уже разрушены существовавшие экосистемы, а на их месте возникают новые. Видоизмененные либо вновь воспроизведенные условия окружающей среды, образуют неустойчивую природно-антропогенную систему (урбазкосистему), легко выходящую из равновесия при воздействии как антропогенных, так и биотических и абиотических факторов, неспособную как экосистемы самостоятельно поддерживать свое состояние. Для нормального функционирования такого рода систем необходима постоянная помощь человека. И, что самое главное, искусственно образовавшаяся среда, несмотря на то что, создавалась для максимального удовлетворения человеческих потребностей, становится все более опасной для человека. В результате возрастающей антропогенной нагрузки условия трансформировавшейся среды становятся вредными для жителей и ещё острее встают проблемы безопасности и защищенности человека. Набор экологических проблем достаточно широк, а большая часть из них переплетена и жестко взаимосвязана. Наиболее важные из них, требующие первостепенного решения, - это загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, накопление производственных и бытовых отходов и т.п. Промышленная экология, как наука и обязана решать эти проблемы. Главной же задачей промышленной экологии является поиск путей максимально рационального использования природных ресурсов, запрета их полного исчерпания, деградации и глобального загрязнения окружающей среды и, в конечном итоге, нахождение возможности для полного совмещения биогеохимического и техногенного кругооборота вещества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андреева Е.С., Андреев С.С. Промышленная экология. – Гидрометео-издат, Санкт – Петербург, 2005.
2. Зайцев В.А., Макаров С.В., Кузнецов В.А. Промышленная экология. – М.: Химия, 1988.
3. Зайцев В.А., Макаров С.В. Введение в промышленную экологию.- М.:МХТИ, 1983.
4. Зайцев В.А. Безотходное производство.- М.: МХТИ, 1990.
5. Радионов А.И., Клумин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989.
6. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод.- М.: Стройздат, 1985.
7. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов. – М.: Metallургия, 1986.
8. Оценка и регулирование качества окружающей среды. Учебное пособие для инженера-эколога./Под ред. А.Ф. Порядина, А.Д. Хованского. – М.: Изд. Дом “Прибой”, 1996.
9. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройздат, 1990.
10. Федеральный классификационный каталог отходов производства и потребления, 1996.
11. Методические рекомендации по организации контроля за выбросами в атмосферу на предприятии. РД-11-17. 9903.88.
12. Инструкция по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – Л.: “Знание”, 1991.
13. Иванов Б.А. Инженерная экология. – М.: Высшая школа, 1982.
14. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.- Л.: Гидрометеоиздат, 1979.
15. Практикум по оценке рационального использования и охраны водных ресурсов.- СПб.: РГГМУ, 1995.
16. Качество воздуха в городах РФ.- СПб.: ГГО им. Воейкова, 1996.
17. Игнатов В.Г., Кокин А.В. Экологический менеджмент.- Ростов н/дону.: АООТ “Рост. Книж.изд-во”, 1997.
18. Израэль Ю.А. Долгосрочный прогноз изменений радиоактивного загрязнения территории России  $^{137}\text{Cs}$  после аварии на Чернобыльской АЭС// Метеорология и гидрология, №4, 1998.
19. Израэль Ю.А. Об оценке радиационной обстановки и радиационного загрязнения природной среды при аварии на ЧАЭС//Метеорология и гидрология, №4, 1996.
20. Израэль Ю.А. и др. Атлас радиоактивного загрязнения Европы  $^{137}\text{Cs}$  после Чернобыльской аварии//Метеорология и гидрология, №4, 1996.
21. Радиационные отходы в России и СНГ//Зеленый мир, №3, 1997.

